ORTAÖĞRETİM

KİMYA 11

Ders Kitabı

YAZARLAR

Serpil ÇETİN

Emine Çiğdem SEV LEKESİZ

Sevtap AKMAN

DEVLET KİTAPLARI

..............................., 2022

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI...: 8887
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ ....: 1902

HAZIRLAYANLAR

Editör

Doç. Dr. Berrin DURAN

Dil Uzmanı

Selman ŞEN

Program Geliştirme Uzmanı

Dr. Melek ALEMDAR

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı

Gülseren TOPUZ

Rehberlik Uzmanı

Aylin SİLİĞ

Görsel Tasarımcı

Nevrez AKIN

Sevda ELMA

ISBN 978-975-11-6780-4

Milli Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulunun 04.01.2023 gün ve 02 sayılı kararı ile ders kitabı olarak kabul edilmiştir.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

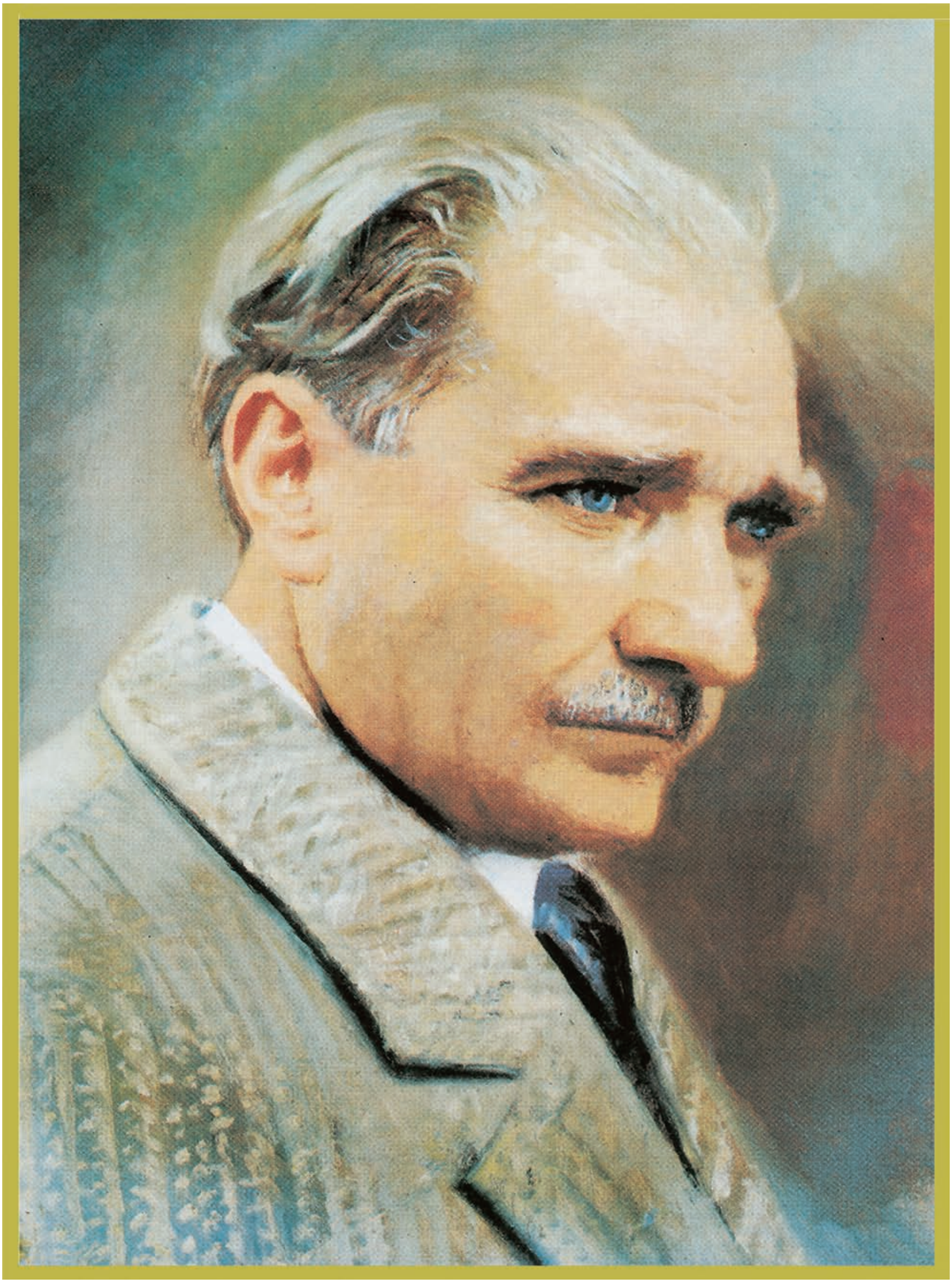
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

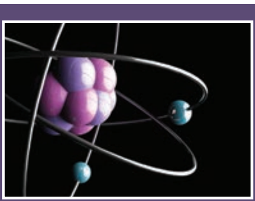
Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER



1. ÜNİTE MODERN ATOM TEORİSİ 16



2. ÜNİTE GAZLAR 76



3. ÜNİTE SIVI ÇÖZELTİLER VE ÇÖZÜNÜRLÜK 116



4. ÜNİTE KİMYASAL TEPKİMELERDE ENERJİ 162



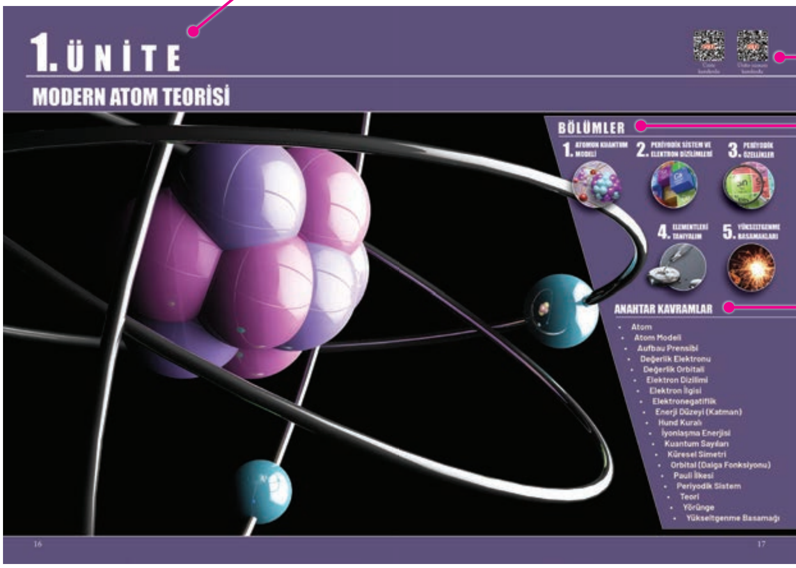
5. ÜNİTE KİMYASAL TEPKİMELERDE HIZ 192



6. ÜNİTE KİMYASAL TEPKİMELERDE DENGE 220

KİTABIN TANITIMI

Ünitelerin başında o ünitenin sayısı, adı ve ünite ile ilgili görsel verilmiştir.



Ünite başlarındaki karekodlar okutulduğunda genel ağ üzerinden e-kitap, ünitedeki konularla ilgili sunum, görsel ve bilgilere ulaşılabilir.

Ünitenin bölümleri ve bölümlerin görseli verilmiştir.

Ünitede geçen anahtar kavramlar verilmiştir.



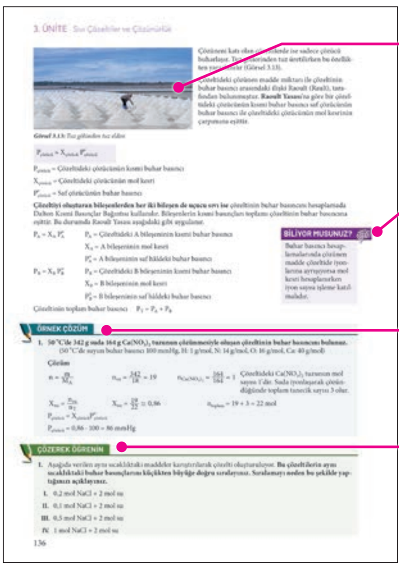
Bölümün numarası, adı ve bölümle ilgili görsel verilmiştir.

Bölümdeki konuları kavrayabilmeniz için bilmeniz gereken konu başlıkları verilmiştir.

Kimya Öğretim Programı'nda belirtilen konu ile ilgili kazanımlar verilmiştir.

Bölüme hazırlık sorularında konu ile ilgili hazır bulunuşluğunuzu sorgulayan ve konuyu günlük yaşamla ilişkilendirebileceğiniz sorular verilmiştir.

Konu başlığı, konu ile ilgili bağlam ve konuya ilginizi artıracak soru verilmiştir.

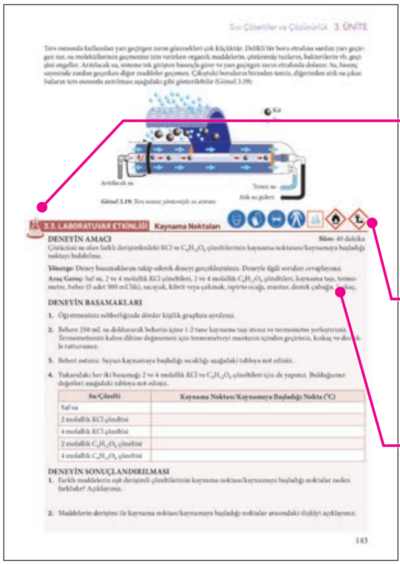


Sayfalarda konu ile ilgili görseller kullanılmıştır.

Konu ile ilgili dikkat çekici bilgiler bulunmaktadır.

Konuyu pekiştirmek amacıyla hazırlanmış örnek sorular ve çözümler bulunmaktadır.

Konuyu pekiştirmenizi sağlayacak sorular verilmiştir.

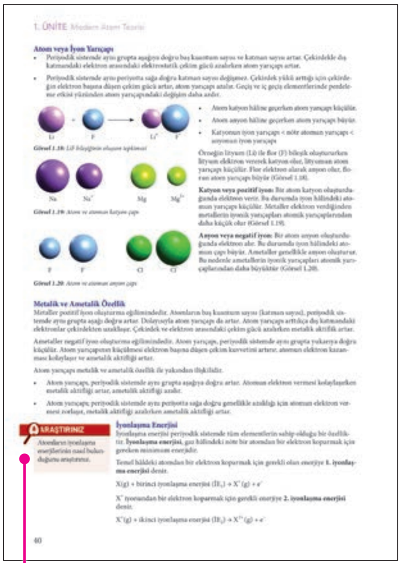


Öğrencilerin bilgiyi, yaparak ve yaşayarak öğrenmeleri için hazırlanmıştır.

Konu ile ilgili etkinlik yaparken uymanız gereken güvenlik önlemlerini gösteren işaretler verilmiştir.

Konu ile ilgili etkinlik yaparken kullanılacak araç gereç verilmiştir.

Konu hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olmanız amacıyla verilmiştir.

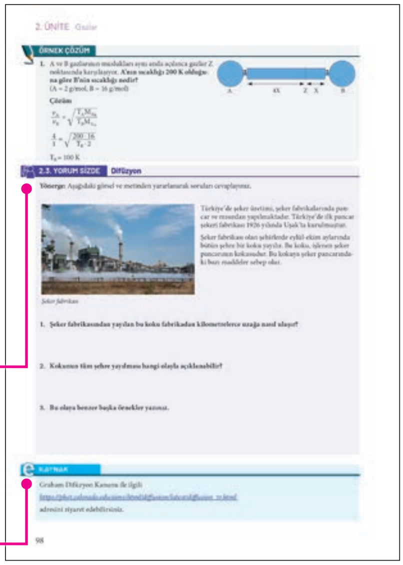


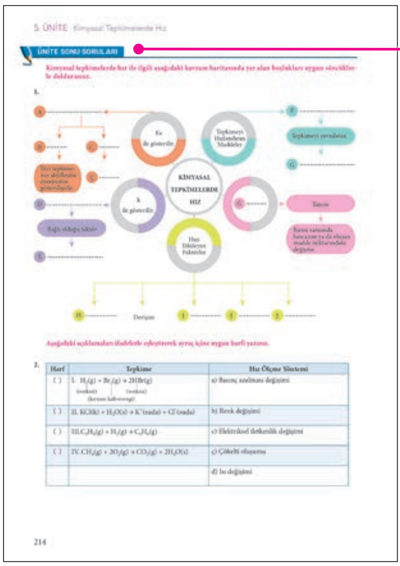


Öğretim programında yer alan konular doğrultusunda hazırlanmıştır.

Bilgi okuryazarlığınızı artırmak, konuyla ilgili farklı yorumlar yapmanızı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

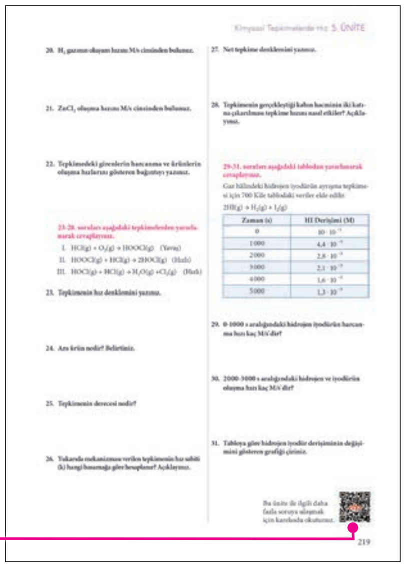
Konu ile ilgili video ve animasyonların genel ağ adresleri verilmiştir.





Ünitede geçen bilgileri kapsayan faklı düzeydeki sorular (kavram haritası, doğru-yanlış, eşleştirme, açık uçlu, çoktan seçmeli ve öncüllü) bu bölümde verilmiştir.

Ünite sonu sorularının sonundaki karekodlar okutularak daha fazla soruya ulaşılması amacıyla verilmiştir.



KİTAPTA KULLANILAN BİRİMLERİN KISALTMALARI

akb	....	**atomik kütle birimi**
atm	....	**atmosfer**
^{o}C	....	**derece celcius**
cm	....	**santimetre**
g	....	**gram**
K	....	**kelvin**
kJ	....	**kilojoule**
L	....	**litre**
mL	....	**mililitre**
mol	....	**mol**

KİTAPTA KULLANILAN KISALTMALAR

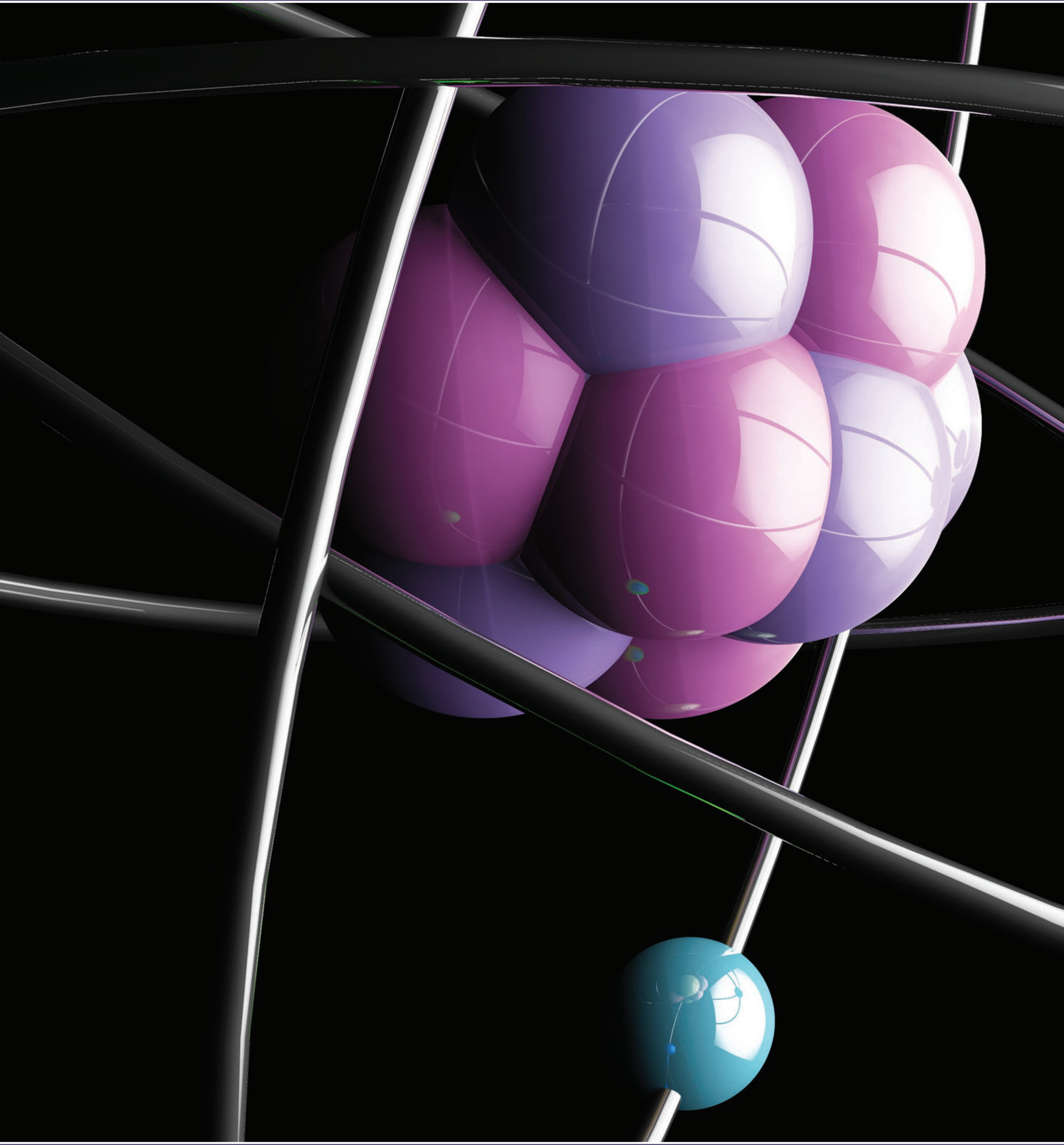
A	....	**kütle numarası**
NŞA	....	**normal şartlar altında**
e^{-}	....	**elektron**
g	....	**gaz**
IUPAC	....	**Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği**
k	....	**katı**
n	....	**mol**
n^{0}	....	**nötron**
P	....	**basınç (gaz basıncı)**
p^{+}	....	**proton**
s	....	**sıvı**
t	....	**sıcaklık (^{o}C)**
T	....	**mutlak sıcaklık (K)**
V	....	**hacim**
Z	....	**atom numarası**
δ	....	**kısmi yük**

GÜVENLİK İŞARETLERİ

ELDİVEN KULLAN  Bu piktogram, işlemde çok sıcak bir yüzey veya ısıtıcı olduğunu, eldiven kullanılması gerektiğini gösterir. Eldiven kullanılmalıdır.	**YANICI MADDE**  Bu piktogram, işlemlerde yangın çıkarabilecek malzemelerin kullanılacağını gösterir. Gerekli önlemler alınmalıdır.
GÖZLÜK KULLAN  Bu piktogram, işlemlerde göz sağlığı için zararlı maddelerin kullanılacağını gösterir. Gözlük kullanılmalıdır.	**ÇEVREYE ZARARLI (EKOTOKSİK) MADDE**  Bu piktogram, işlemlerde doğaya zarar veren maddelerin kullanılacağını gösterir. Bu maddeler kontrolsüz atılmamalıdır.
KORUYUCU ELBİSE GİY  Bu piktogram, işlemlerde kıyafetlere zarar verici maddelerin kullanılacağını gösterir. Önlük ya da tulum kullanılmalıdır.	**KOROZİF (AŞINDIRICI) MADDE**  Bu piktogram, işlemlerde metalleri ve dokuları aşındırıcı maddelerin kullanılacağını gösterir. Gerekli önlemler alınmalıdır.
MASKE KULLAN  Bu piktogram, işlemlerde kimyasal tepkimeler sonucu gazlar oluşabileceğinden maske kullanılması gerektiğini belirtir. Maske kullanılmalıdır.	**TOKSİK (ZEHİRLİ) MADDE**  Bu piktogram, işlemlerde zehirli kimyasalların kullanılacağını gösterir. Maddeler vücuda temas ettirilmemeli, zehirlenme belirtileri görülürse tıbbi yardım alınmalıdır.
KESİCİ/DELİCİ CİSİM UYARISI  Bu piktogram, işlemlerde kesici ya da delici aletlerin kullanılacağını gösterir. Dikkatli olunmalıdır.	**RADYOAKTİF MADDE**  Bu piktogram, radyasyon tehlikesi olan yerlerde ve maddelerin üzerinde bulunur. Radyoaktif maddeler kanserojen etki yapabilir. Bu işaretin olduğu yer ve maddelerden uzak durulmalıdır.
SICAK CİSİM UYARISI  Bu piktogram, işlemlerde bir ısıtıcı ya da sıcak bir yüzeyin olduğunu gösterir. El, ayak ve diğer organların yanmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.	**OKSİTLEYİCİ, YAKICI MADDE**  Bu piktogram, işlemlerde havasız ortamda bile yanabilen maddelerin kullanılacağını gösterir. Bu maddeler ateşten uzak tutulmalıdır.
KIRILABİLİR CAM UYARISI  Bu piktogram, işlemlerde kırılabilecek malzemelerin kullanılacağını gösterir. Cam malzemeler aşırı ısıtılmamalı ve ani sıcaklıklara maruz bırakılmamalıdır.	**PATLAYICI MADDE**  Bu piktogram, işlemlerde patlama özelliği olan maddelerin kullanılacağını gösterir. Bu maddeler tutuşturuculardan uzak tutulmalıdır.
ELEKTRİK UYARISI  Bu piktogram, işlemlerde şehir elektriğinin kullanılacağını gösterir. İletken uçlara dokunulmamalıdır. Gerekli önlemler alınmalıdır.	**TAHRİŞ EDİCİ MADDE**  Bu piktogram, işlemlerde alerjik deri tepkimelerine neden olabilecek ve ozon tabakasına zarar verebilecek maddelerin kullanılacağını gösterir. Koruyucu elbise giyilmelidir.

1. ÜNİTE

MODERN ATOM TEORİSİ

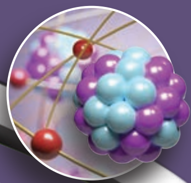


Ünite karekodu

Ünite sunum karekodu

BÖLÜMLER

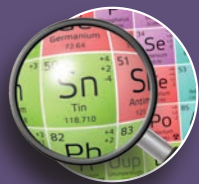
1. ATOMUN KUANTUM MODELİ



2. PERİYODİK SİSTEM VE ELEKTRON DİZİLİMLERİ



3. PERİYODİK ÖZELLİKLER



4. ELEMENTLERİ TANIYALIM



5. YÜKSELTGENME BASAMAKLARI

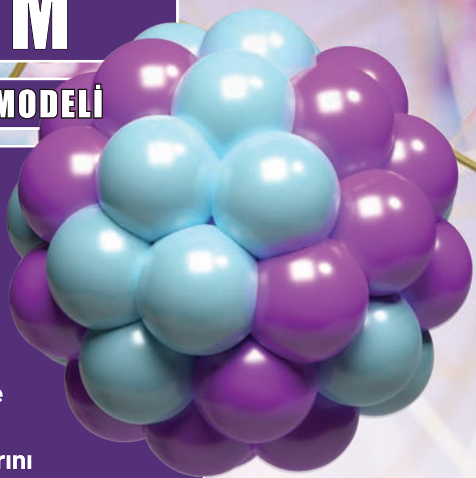


ANAHTAR KAVRAMLAR

- Atom
- Atom Modeli
- Aufbau Prensibi
- Değerlik Elektronu
- Değerlik Orbitali
- Elektron Dizilimi
- Elektron İlgisi
- Elektronegatiflik
- Enerji Düzeyi (Katman)
- Hund Kuralı
- İyonlaşma Enerjisi
- Kuantum Sayıları
- Küresel Simetri
- Orbital (Dalga Fonksiyonu)
- Pauli İlkesi
- Periyodik Sistem
- Teori
- Yörünge
- Yükseltgenme Basamağı

1. BÖLÜM

1.1. ATOMUN KUANTUM MODELİ



Neleri Bilmelisiniz?

- Atom modellerini,
- Bohr atom modelini bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

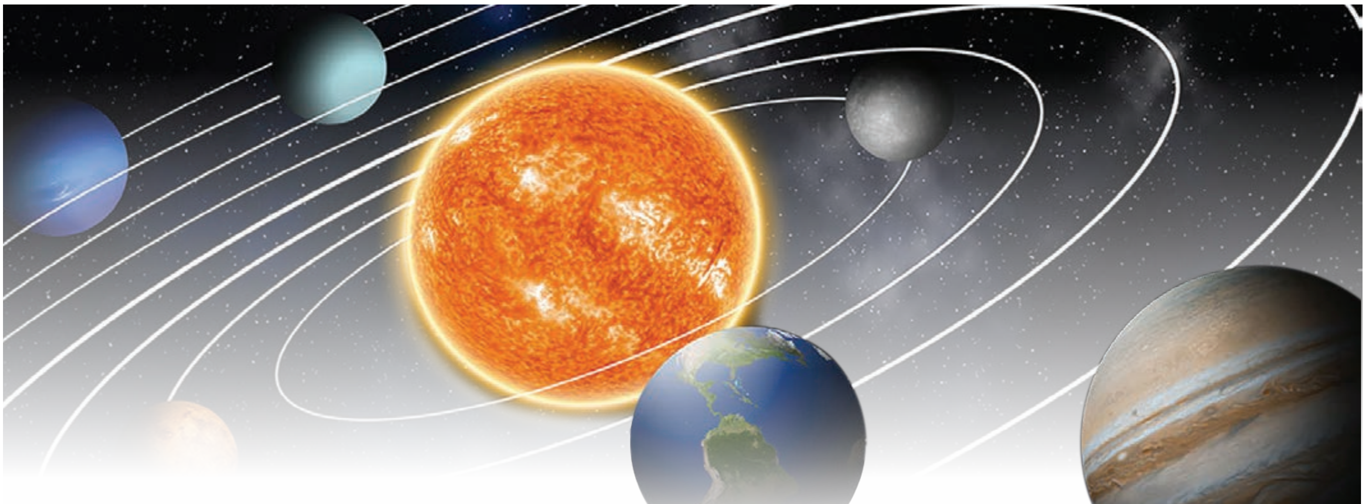
- Bohr atom modelinin deney ve gözlemlerden elde edilen bulguları açıklamadaki sınırlılıklarını vurgulamayı, modern atom teorisinin (bulut modelinin) önemini,
- Tek elektronlu atomlar/iyonlar için orbital kavramını elektronların bulunma olasılığı ile ilişkilendirmeyi,
- Yörünge ve orbital kavramlarını karşılaştırmayı,
- Kuantum sayılarını orbitallerle ilişkilendirmeyi,
- Çok elektronlu atomlarda orbitallerin enerji seviyelerini açıklamayı öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- Bir adet salatalık turşusunun uçlarına birer çatal saplanıp çatallara akım uygulandığında sodyum iyonlarının sarı ışık yaydığı görülür. Bu olay ile Bohr (Bor) atom modeli arasında nasıl ilişki kurulabilir?

1.1.1. ATOMUN KUANTUM MODELİ İLE AÇIKLANMASI

Güneş sistemi; merkezinde Güneş, etrafında da gezegenlerin bulunduğu bir sistemdir (Görsel 1.1).



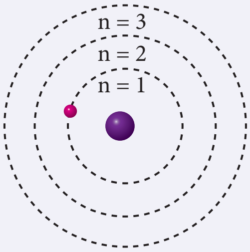
Görsel 1.1: *Güneş sistemi*

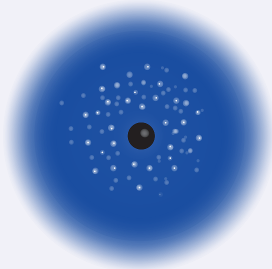
Güneş sistemi bir atom modeli olsaydı Güneş ve gezegenler, atomun yapısındaki hangi taneciklere karşılık gelirdi? Güneş sistemi ile Niels Bohr (Nils Bor) atom modelinin benzer ve farklı yönleri neler olabilir?

Democritus'un (Demokritos) maddenin bölünemeyen en küçük birimine atom adını vermesi ile başlayan süreç, bilim insanlarının atomu anlamak için yaptıkları araştırma ve bilimsel çalışmalarla devam etmiştir. Bu çalışmalar atom modellerinin geliştirilmesine ve modern atom teorisinin (bulut modeli) ileri sürülmesine kadar devam etmiştir. Modern atom teorisi, Bohr atom modelinin sınırlılıklarına çözüm getirmiştir.

1.1. YORUM SİZDE | Atom Modelleri

Yönerge: Aşağıdaki görsellerden yararlanarak soruları cevaplayınız.



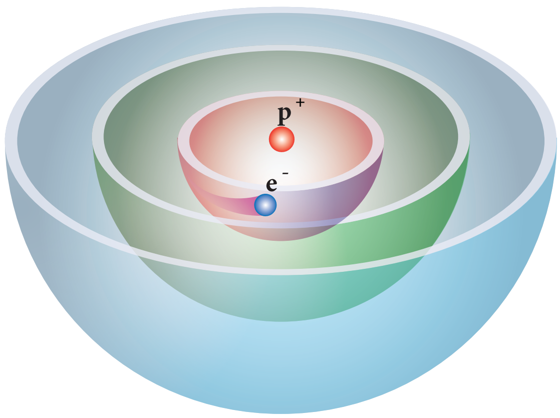


Görseller, atom modellerini göstermektedir.

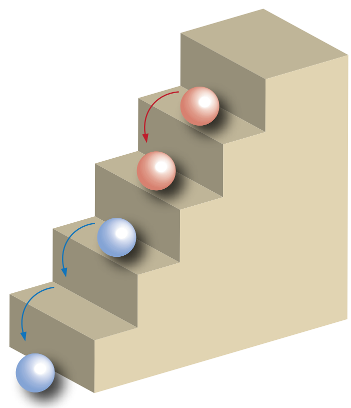
1. **Modellerdeki benzer ve farklı yönleri açıklayınız.**
2. **Modellerde elektron, proton ve nötronlar nerelerde bulunur?**
3. **Birinci görselde n = 1, n = 2 ve n = 3 neyi ifade etmektedir?**
4. **İkinci görselde birinci görseldeki gibi net çizgiler neden bulunmaz?**
5. **Birinci ve ikinci görsel hangi atom modelini ifade eder? Nedenini açıklayınız.**

Bohr atom modelindeki sorun, elektronların tanımlanmış belirli dairesel yörüngelerdeki parçacıklar olarak ifade edilmesidir. Fizikçi Erwin Schrödinger (Örvin Şödingır), Louis de Broglie'un (Lui dö Broyl) parçacıkların dalga benzeri davranışlar sergileyebileceği fikrine dayanarak elektronların davranışının matematiksel olarak açıklanabileceğini öne sürmüştür. Modern atom teorisinin temelini oluşturan bu kuram, kuantum kuramıdır.

BOHR ATOM MODELİNİN SINIRLILIKLARI



Görsel 1.2: *Bohr (yörüngeli) atom modeli*



Görsel 1.3: *Merdivendeki toplar*

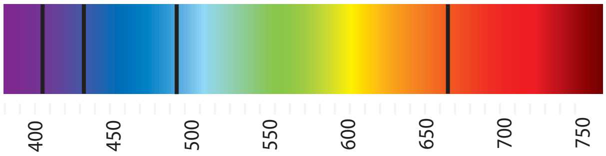
Bohr atom modelinde elektronlar, tanımlanmış belirli dairesel yörüngelerde hareket eder (Görsel 1.2). Dairesel yörüngelerde belirli hızla ve sarmal dönen elektronlar fizik kurallarına göre çekirdeğe yaklaşmalı ve çekirdeğe düşmelidir fakat Bohr atom modelinde elektronlar çekirdeğe düşmez. Bohr, elektronların çekirdeğe düşmeme nedenini elektronların belirli enerji düzeyine sahip yörüngelerde hareket etmesi ile açıklamış ancak elektronun farklı yörüngelerde neden bulunmadığını açıklayamamıştır. Bohr atom modelinde yörüngedeki elektronlar, merdivendeki topa benzetilebilir. Top alt veya üst basamakta durabilir ancak iki basamağın arasında duramaz (Görsel 1.3). Bohr atom modeline göre elektronlar da yörüngelerin arasında bulunamaz.

Bohr atom modelinin diğer sınırlılığı ise hidrojen atomunun ve tek elektrona sahip iyonların ($_{2}He_{1}^{+}$, $_{3}Li_{1}^{2+}$) spektrumlarını açıklamasına karşın çok elektronlu atomların spektrumunu açıklamada yetersiz kalmasıdır.

Hidrojenin ışıma spektrumu manyetik alanda incelendiğinde spektrumda Bohr atom modelinin açıklayamadığı bölgeler görülür (Görsel 1.4. a). Tek renge ait bir çizgi gibi görünen dalga boylarının yanında birbirine yakın alt çizgiler ve bazı parlak çizgiler vardır (Görsel 1.4. b). Parlak çizgilerin ve birbirine yakın alt çizgilerin nedeninin açıklanamaması Bohr atom modelinin sınırlılığını gösterir. Bohr atom modelinin sınırlılıkları modern atom teorisinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.



a



b

Görsel 1.4: a) *Hidrojen atomunun emisyon spektrumu,* ***b)*** *Hidrojen atomunun absorbsiyon spektrumu*

1.2. YORUM SİZDE — Tornado

Yönerge: Aşağıdaki görsellerden ve metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.





Tornado, dünyadaki en şiddetli fırtınalardan biridir. Bir buluttan sarkan ve şiddetle dönen hava kolonu ya da hava kolonları olarak bilinir. Genellikle güneyden gelen sıcak ve nemli deniz havası ile kuzeyden gelen soğuk ve kuru havanın karşılaşması sonucu oluşur. Tornadonun görüntüsü uzaydan bakıldığında girdaba, yeryüzünden bakıldığında ise bir merkez etrafında hızla ve sürekli dönen sarmala benzer.

1. **Tornadonun etki alanı hakkında ne söylenebilir?**

2. **Tornadonun içine çektiği bir cismin yerini saptamak mümkün müdür? Tartışınız.**

3. **Elektron bulutları ile tornadolar arasındaki benzerlik ve farklılıklar nelerdir? Açıklayınız.**

TEK ELEKTRONLU ATOM VE İYONLARDA ELEKTRONLARIN BULUNMA OLASILIĞININ YÜKSEK OLDUĞU BÖLGELER

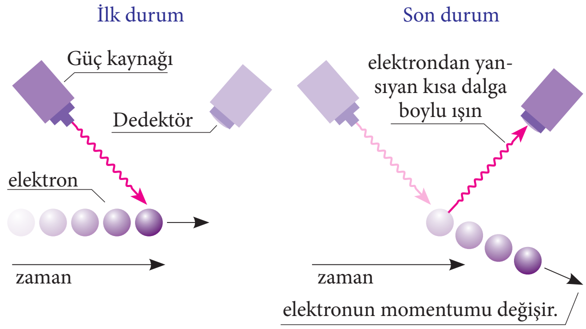
Tek elektronlu atom ve iyonlarda ($_{1}H$, $_{2}He^{+}$, $_{3}Li^{2+}$) elektronlar en düşük enerjili yörüngede (temel hâlde) bulunmak ister. Tek elektronlu atom ve iyonlardaki elektron gerekli enerjiyi kazanarak düşük enerjili yörüngelerden daha yüksek enerjili yörüngelere geçer. Enerji kazanarak daha yüksek enerjili yörüngeye geçen elektronlar uyarılmış olur. Uyarılan elektron yüksek enerjili yörüngede kararsızdır. Yüksek enerjili yörüngedeki elektron kararlı olmak için daha düşük yörüngeye (temel hâle) geri döner. Elektron temel hâle dönerken yörüngeler arasındaki enerji farkını ışıma olarak geri verir.

MODERN ATOM TEORİSİ VE ORBİTAL KAVRAMI

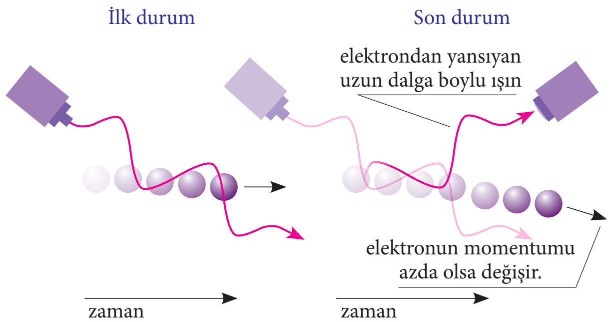
1923 yılında Louis de Broglie (Lui dö Bıroyl), ışığın tanecik özelliği göstermesi fikrinden yola çıkarak taneciklerin de dalga özelliği gösterebileceğini savunmuştur. De Broglie'ye göre elektronlar da ışık gibi dalga-parçacık özelliğine sahiptir ve her elektrona eşlik eden bir dalga boyu vardır.

1926 yılında Erwin Schrödinger (Ervin Şırödinger), elektronu kuantum mekaniğine göre açıklayan bir dalga denklemi geliştirmiştir. Schrödinger denklemine göre elektronun, dalga özelliğine bağlı olarak tam bir konumundan bahsedilemez. Schrödinger denklemi elektronun uzayda belirli bir yerde bulunma olasılığını hesaplamakta kullanılır. Elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgelere **orbital** denir.

Werner Heisenberg (Vernır Hayzınbörg), 1927 yılında yaptığı çalışmalarda dalga ve tanecik özelliği gösteren elektronların konumlarını ve hızlarını saptayabilmek için uzun ve kısa dalga boylu ışın kullanır. Uzun dalga boylu ışın kullandığında elektronun konumundaki belirsizliğin, kısa dalga boylu ışın kullandığında ise elektronun hızındaki belirsizliğin yüksek olduğunu gözlemler (Görsel 1.5). Elektronun konumu ve hızının aynı anda belirlenemeyeceğini (Heisenberg Belirsizlik İlkesi) bulur. Örneğin bir elektron görülmek istendiğinde elektron üzerine foton tutulur. Elektron üzerine gelen foton elektrona enerji verdiği için elektronun momentumu değişir. Bu nedenle Heisenberg Belirsizlik İlkesi'ne göre, bir parçacığın ancak belirli bir konum aralığına sahip olduğu söylenebilir.



· Kısa dalga boylu ışın kullanıldığında elektronun hızı belirsizdir.



· Uzun dalga boylu ışın kullanıldığında elektronun konumu belirsizdir.

***Görsel 1.5:** Elektronun yeri ve hızındaki belirsizlik*

1.3. YORUM SİZDE — Kayıp Vakası

Yönerge: Verilen metin ve görselden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Aysel Komiser'in çalıştığı karakola iki kayıp vakası gelir. Bu vakalardan birincisinde olayı gören görgü tanıkları vardır. Aysel Komiser, olayın yaşandığı yeri merkez alıp harita üzerinde işaretleme yapar. Görgü tanıklarının bulunduğu yerlere göre ayrı ayrı daireler çizer ve bu dairelerin her birine ekip gönderir. Ekipler, belirlenmiş dairesel alanlarda arama çalışmalarına başlar. İkinci olayda ise kayıp olayıyla ilgili sadece kişi, yer ve zaman hakkında bilgi vardır. Aysel Komiser, haritada belirlediği noktadan belli bir yarıçapta alanı çizer. Kayıp kişinin bu alanda bulunma olasılığının yüksek olduğunu belirtir. Arama kurtarma çalışmalarına başlanması için ekipleri yönlendirir.



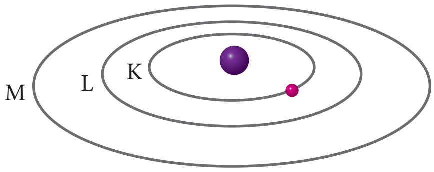
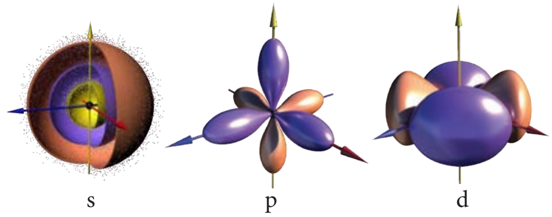
1. Metindeki iki olayda da Aysel Komiser harita üzerinde işaretleme yapmıştır. **Bu işaretlemeler arasındaki farkı belirtiniz.**

2. **Harita üzerinde yapılan işaretlemeler ile yörünge ve orbital kavramları arasındaki ilişkiyi açıklayınız.**

YÖRÜNGE VE ORBİTAL KAVRAMLARI

Bohr atom modeline göre elektronlar belirli enerji düzeyine sahip yörüngelerde, modern atom teorisinde ise bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgelerde (orbital) bulunur. Tablo 1.1'de yörünge ve orbital kavramları verilmiştir.

Tablo 1.1: *Yörünge ve Orbital Kavramlarının Karşılaştırılması*

Yörünge	Orbital
	
Elektronun izlediği düşünülen dairesel yoldur.	Elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgedir.
Daire şeklindedir.	Farklı şekillerdedir.
Çekirdek etrafında dönen elektronların izlediği yoldur.	Elektronların çekirdeğin etrafında bulunduğu bölgedir.
Heisenberg Belirsizlik İlkesi'ne uygun değildir.	Heisenberg Belirsizlik İlkesi'ne uygundur.
Elektronun bulunduğu yerler; K, L, M, N … harfleri ile gösterilebilir.	Elektronun bulunduğu yerler s, p, d, f harfleri ile adlandırılan orbitallerde gösterilebilir.
Farklı enerji düzeyine sahip yörüngelerde farklı sayıda elektron bulunur.	Bir orbitalde en fazla iki elektron bulunur.

Schrödinger dalga denkleminin çözümlenmesi sonucunda ortaya çıkan orbitallerin ve orbitalde yer alan elektronların belirlenmesinde kuantum sayıları kullanılır.

KUANTUM SAYILARI

Atomda elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgeleri ve bu bölgenin (orbital) enerjisini belirlemek için kullanılan sayılara **kuantum sayıları** denir. Kuantum sayıları aşağıda verilmiştir:

Baş (birincil) kuantum sayısı (n)

Açısal momentum kuantum sayısı (ℓ) = İkincil kuantum sayısı = Yan kuantum sayısı

Manyetik kuantum sayısı (m_ℓ)

Spin kuantum sayısı (m_s)

Baş (Birincil) Kuantum Sayısı (n)

Baş kuantum sayısı (n) belirli bir orbitaldeki elektronun çekirdeğe olan uzaklığı ile ilgilidir ve 1, 2, 3 … gibi tam sayılarla ifade edilir. Baş kuantum sayısı ne kadar büyük olursa orbital de o kadar büyük olur. Bunun nedeni orbitaldeki elektronun çekirdeğe olan ortalama uzaklığıdır. Enerji düzeyleri kabuk olarak da adlandırılır. Enerji düzeyleri harflerle (n = K, L, M, N ...) ya da sayılarla (n = 1, 2, 3, 4 ...) ifade edilir ve harflere ya da sayılara karşılık gelen pozitif tam sayı değerlerini alır (Tablo 1.2).

Tablo 1.2: *Enerji Düzeyleri ve Baş Kuantum Sayıları*

Katman (Kabuk, Enerji Düzeyi)	K	L	M	N	O	...
Baş Kuantum Sayısı (n)	1	2	3	4	5	...

Açısal Momentum (İkincil, Yan) Kuantum Sayısı (ℓ)

Açısal momentum kuantum sayısı (ℓ) orbitallerin şekillerini açıklar. Açısal momentum kuantum sayısının alacağı değerler baş kuantum sayısının (n) değerine bağlıdır. ℓ sayısı, enerji düzeylerinin de alt enerji düzeyine ayrıldıklarını gösterir ve sıfırdan n-1'e kadar olan tüm değerleri alır [ℓ = 0, 1, 2 ... (n-1)].

Açısal momentum kuantum sayısının her bir değeri bir orbital türüne karşılık gelir (Tablo 1.3). Eğer n = 1 ise ℓ = 1 - 1 = 0 olduğu için ℓ sadece 0 değerini alır (s orbitali). n = 2 ise ℓ = 2 – 1 = 1 olacağından ℓ değerleri 0 ve 1 olabilir. Bu da enerji düzeyinde iki alt enerji düzeyi (s ve p orbitalleri) bulunduğunu gösterir.

Tablo 1.3: *Açısal Momentum Kuantum Sayısı ve Orbital Türü*

ℓ	**0**	**1**	**2**	**3**	**...**
Orbital Türü	**s**	**p**	**d**	**f**	**...**

Manyetik Kuantum Sayısı (m_ℓ)

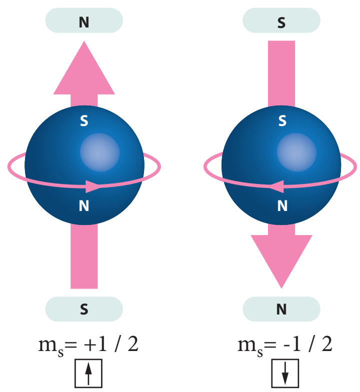
Manyetik kuantum sayısı (m_ℓ), orbitalin uzaydaki yönlenmesini belirtir. Orbitaller, farklı şekillerdedir ve manyetik alanda çeşitli yönelişlere sahiptir (s orbitali hariç). m_ℓ, sıfır da dâhil -ℓ ile +ℓ arasındaki bütün tam sayı değerlerini alabilir. Herhangi bir ℓ değeri için ($m_\ell = 2\ell + 1$) alt orbital sayısını verir. ℓ = 1 ise $m_\ell = 2 . 1 + 1$ olacağından m_ℓ, 3 farklı değer alabilir. Bu değerler -1, 0, +1'dir. Tablo 1.4'te manyetik kuantum sayısı ve orbital türü verilmiştir.

Tablo 1.4: *Orbital Türü, Açısal Momentum Kuantum Sayısı ve Manyetik Kuantum Sayısı*

Orbital Türü	**ℓ**	**m_ℓ**	**Açıklama**
s	0	0	s orbitali, 1. enerji düzeyinden başlar. Her enerji düzeyinde 1 tane s orbitali bulunur.
p	1	-1, 0, +1	p orbitali, 2. enerji düzeyinden başlar. 2. enerji düzeyinden itibaren her enerji düzeyinde 3 tane p orbitali bulunur.
d	2	-2, -1, 0, +1, +2	d orbitali, 3. enerji düzeyinden başlar. 3. enerji düzeyinden itibaren her enerji düzeyinde 5 tane d orbitali bulunur.
f	3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	4 ve 5. enerji düzeylerinde yedişer tane f orbitali bulunur.

Spin Kuantum Sayısı (m_s)

Elektronun kendi ekseni etrafında dönmesi **spin** olarak adlandırılır. Elektron 2 spine sahiptir. Elektronun saat yelkovanı yönünde (+1/2) veya saatin yelkovanının tersi yönünde (-1/2) belirli bir hızda döndüğü düşünülür (Görsel 1.6). Bu durum spin kuantum sayısı ile ifade edilir ve m_s ile gösterilir. Elektron, dönme yönüne göre m_s= +1/2 (↑) veya -1/2(↓) değerlerini alarak dördüncü kuantum sayısını oluşturur.



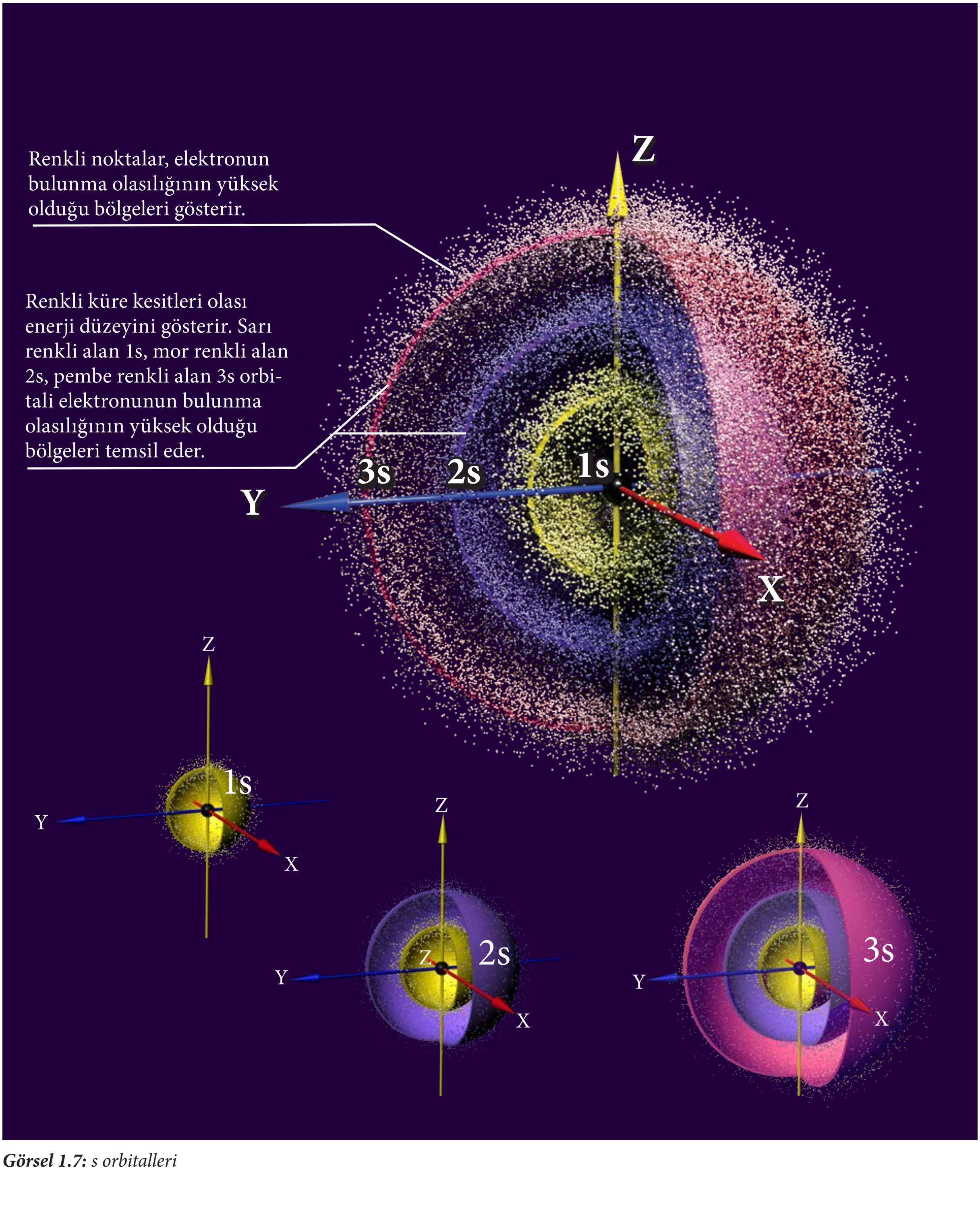
Görsel 1.6: *Elektronların kendi etrafında dönmesiyle oluşan spin hâlleri*

Atom Orbitalleri

Bir elektronun yeri kesin olarak belirlenemeyeceği için elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu noktalar belirlenmelidir. Bu noktalar belirginleştirildiğinde orbitallerin şekil ve büyüklükleri de belirginleşir fakat orbitallerin şekilleri hakkında kesin bir tanımlama yoktur. Bunun nedeni orbital özelliği gösteren dalga fonksiyonunun, atom çekirdeğinden sonsuza kadar uzanmasıdır. Atomlar arasındaki kimyasal bağ oluşumunun daha iyi açıklanabilmesi için orbitallerin kendine has şekilleri olduğu düşünülür.

s Orbitalleri

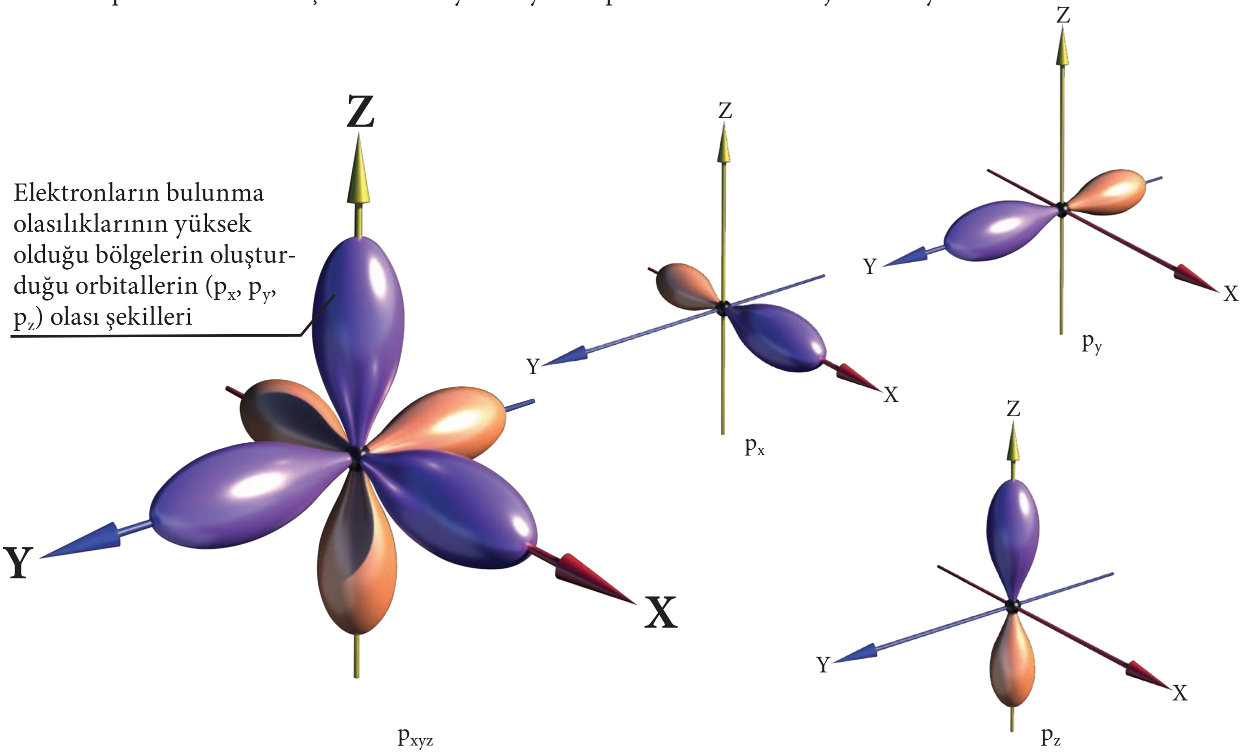
s orbitali, küreseldir; en fazla 2 elektron alabilir ve 1. enerji düzeyinden itibaren her enerji düzeyinde bulunur. Baş kuantum sayısının artması s orbitalinin enerjisini ve büyüklüğünü artırır (Görsel 1.7).



Görsel 1.7: *s orbitalleri*

p Orbitalleri

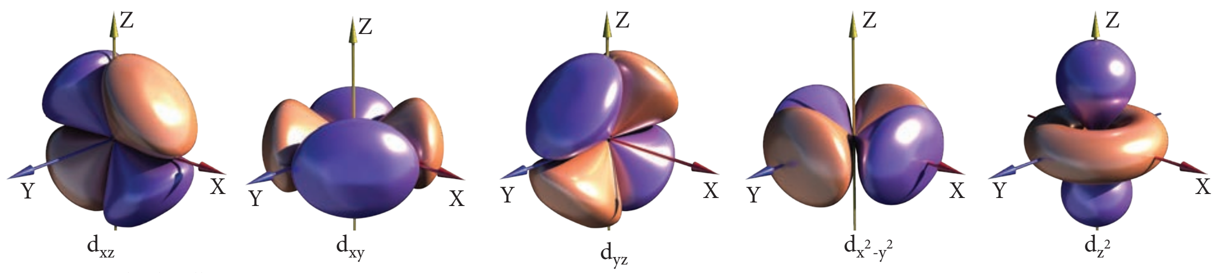
p orbitalleri, çekirdeğin iki tarafında zıt yönelmiş iki loptan oluşan elektron bulutudur (Görsel 1.8). Aynı enerji düzeyinde 3 tane p orbitali bulunur. Uzaydaki yönelişleri farklı olduğundan orbitaller p_x, p_y, p_z şeklinde gösterilir. s ve p orbitallerinin baş kuantum sayıları aynı ise p orbitallerinin enerjisi s'den yüksektir.



***Görsel 1.8:** p orbilalleri*

d Orbitalleri

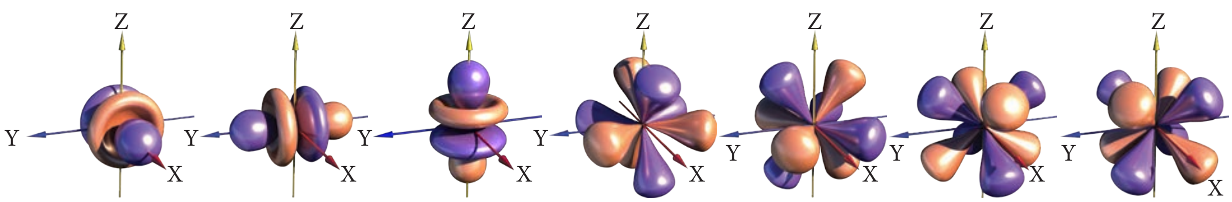
d orbitalleri, farklı şekillere sahiptir. Baş kuantum sayısı aynı 5 tane d orbitali bulunur. Uzaydaki yönelişlerine göre d_{xy}, d_{xz}, d_{yz}, $d_{x^2-y^2}$, d_{z^2} şeklinde gösterilir (Görsel 1.9).



***Görsel 1.9:** d orbitalleri*

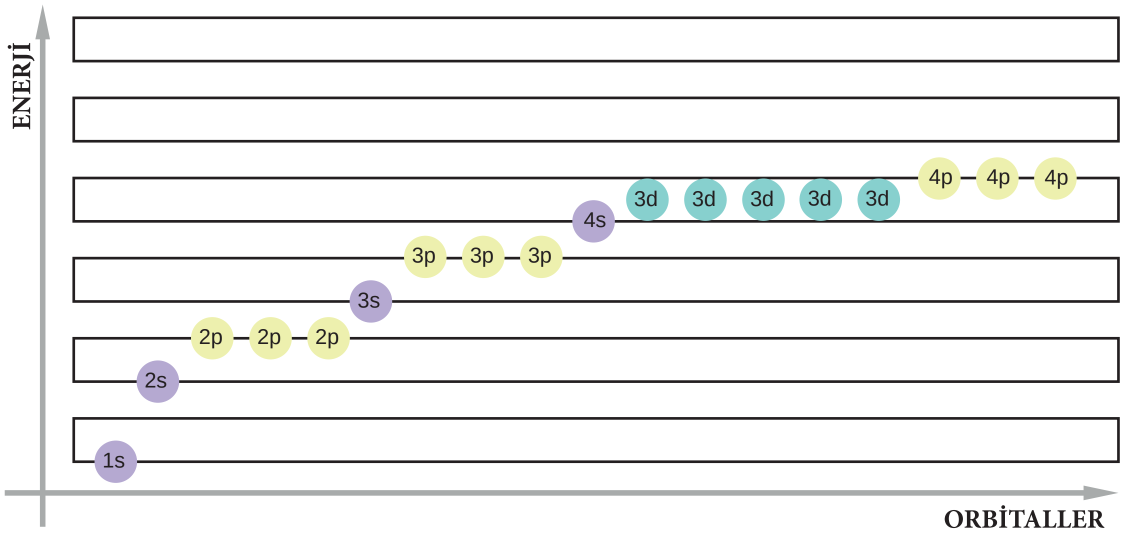
f Orbitalleri

f orbitalleri, d orbitallerine göre şekilleri daha komplekstir. Uzaydaki yönelişlerine göre 7 farklı f orbitali bulunur (Görsel 1.10). Tam dolu ise f orbitalinin aynı enerji düzeyinde 14 elektronu bulunur.



***Görsel 1.10:** f orbitalleri*

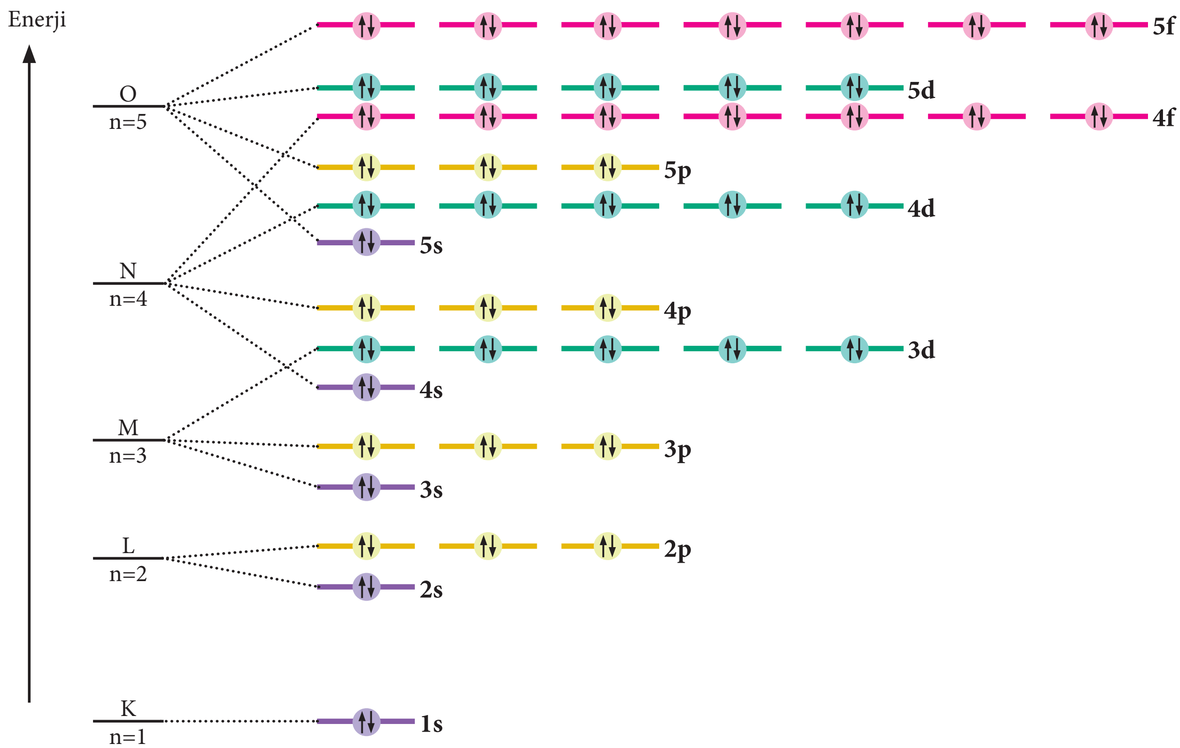
ÇOK ELEKTRONLU ATOMLARDA ORBİTALLERİN ENERJİ SEVİYELERİ



Grafik 1.1: *Orbitallerin enerji seviyeleri*

Grafik 1.1'den yararlanarak orbitallerin enerji seviyelerinin neden birbirinden farklı olduğunu arkadaşlarınızla tartışıp grafikteki orbitallerin enerji seviyelerini sıralayınız.

Çok elektronlu atomlarda orbital türü arttığı için atomların enerji düzeyleri farklılık gösterir çünkü çok elektronlu atomlarda katmanların enerjisi baş kuantum sayısı yanında açısal momentum kuantum sayısına da bağlıdır. Katmanların enerjisi baş kuantum sayısının artmasıyla doğru orantılıdır. Baş kuantum sayısı arttıkça katmanların enerji düzeyleri arasındaki fark da azalır. Bunun nedeni çekirdek ile elektronlar arasındaki elektrostatik çekim kuvvetidir. 3d enerji düzeyi 4s enerji düzeyine göre çekirdeğe daha yakındır. 4s orbitalindeki elektronların 3d orbitalindeki elektronlardan önce doldurulması toplam enerjinin daha düşük olmasına neden olur. n + ℓ değerine sahip orbitallerden n değeri daha büyük olanın enerji değeri daha fazladır. n + ℓ değerlerine göre orbitallerin enerjileri arasındaki ilişki 1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < … şeklindedir (Grafik 1.2).



Grafik 1.2: *Çok elektronlu atomlarda orbitallerin enerji düzeyleri*

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **3d orbitalinin n, ℓ ve $m_ℓ$ değerlerini bulunuz.**

   Çözüm

   3d orbitali için n = 3'tür. Sağdaki harf orbitalin türünü belirtir. Orbital türü d olduğuna göre ℓ = 2 olur. $m_ℓ$ değeri ise -ℓ ile +ℓ arasındadır ve -2, -1, 0, +1, +2 olur.

2. $_5B$ (Bor) atomunun temel hâlinde beş elektron bulunur. **Temel hâldeki bu beş elektrona ait 4 kuantum sayısını tabloda gösteriniz.**

   Çözüm

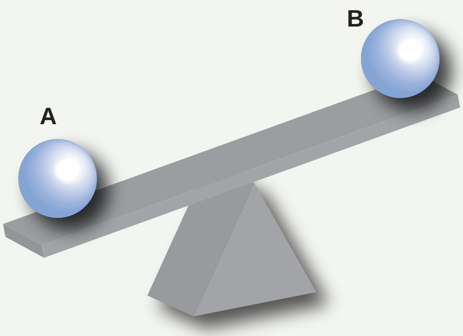
Elektron Sayısı	Orbital	n	ℓ	$m_ℓ$	m_s
1. elektron	1s	1	0	0	+1/2
2. elektron	1s	1	0	0	-1/2
3. elektron	2s	2	0	0	+1/2
4. elektron	2s	2	0	0	-1/2
5. elektron	2p	2	1	-1	+1/2

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Tolga, banka kasasının üç basamaklı şifresini sırasıyla 1s / 2s / 3s orbitallerinin baş kuantum sayısı olarak belirlemiştir. **Tolga'nın banka şifresini bulunuz.**

2. **Aşağıdaki elektronların şekildeki gibi üç boyutlu küreler olduğu düşünülürse tahtanın A yönünde kalabilmesi için elektronların n + ℓ değerlerine göre hangileri A ve B uçlarına yerleştirilmelidir?** (En az beş örnek yazınız.)

1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d	4p	5s	4d



A .... B ....

A .... B ....

A .... B ....

A .... B ....

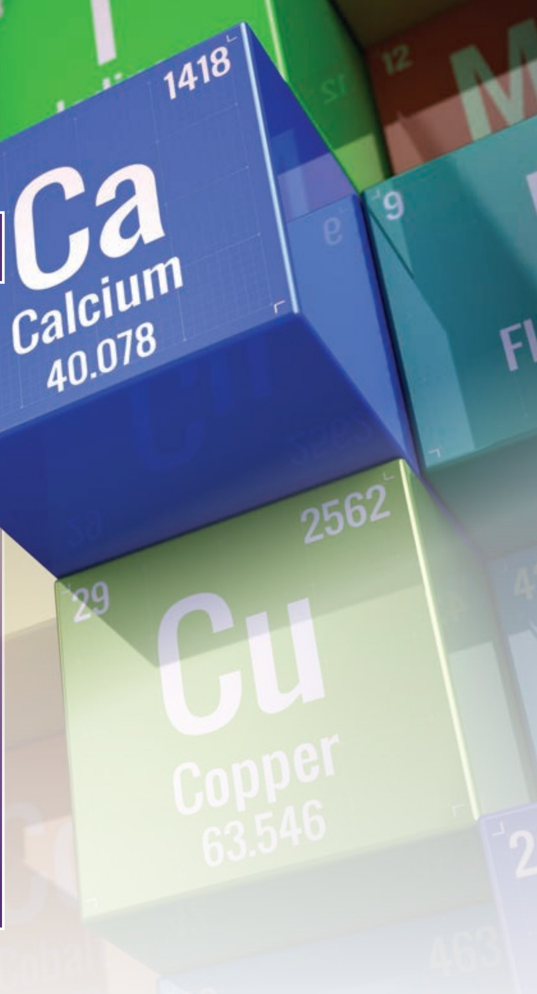
A .... B ....

3. **Tablodaki orbital türlerine göre n, ℓ ve $m_ℓ$ değerlerini yazınız.**

Orbitalin Türü	n	ℓ	$m_ℓ$
2s			
3s			
3d			
4p			

2. BÖLÜM

1.2. PERİYODİK SİSTEM VE ELEKTRON DİZİLİMLERİ



Neleri Bilmelisiniz?

- Orbital kavramını,
- Orbital türlerini,
- Kuantum sayılarını,
- Katman elektron dizilimini,
- Periyot ve grup kavramlarını bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- Hund Kuralı, Pauli İlkesi ve Aufbau Prensibi'ni kavramayı,
- Atom numarası 36 ve 36'dan daha küçük atom ve iyonların elektron dizilimlerine örnekler vermeyi,
- Değerlik orbitali ve değerlik elektronu kavramlarını açıklamayı,
- Elektron dizilimleriyle elementin ait olduğu blokları ilişkilendirerek grup ve periyot kavramlarını belirlemeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- Modern periyodik sistemde elementlerin artan atom numaralarına göre sıralanmasının nedeni ne olabilir?

1.2.1. NÖTR ATOMLARIN ELEKTRON DİZİLİMLERİ VE PERİYODİK SİSTEMDEKİ YERLERİ

BİLİYOR MUSUNUZ?

Birleşmiş Milletler, periyodik yasanın keşfinin 150. yıl dönümünü kutlayarak 2019'u Uluslararası Periyodik Tablo Yılı ilan etti.

Periyodik sözcüğü; günlük yaşamda "belli aralıklarla yapılan" anlamında (periyodik olarak sınavlara girilmesi, büyüklerin ziyaret edilmesi gibi) kullanılır. Kimyada ise element özelliklerinde yinelenen eğilimi ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Elementlerin yinelenen eğilimlerini gösteren ilk tablo Rus kimyager Dimitri Mendeleyev (Dimitri Mendeleyev) tarafından elementlerin artan atom kütlelerine göre oluşturulmuştur. Modern periyodik sistemde elementler artan atom kütlelerine göre değil artan atom numaralarına göre sıralanır.

? Bir periyodik sistem tasarlamanız istenseydi elementleri yerleştirirken nelere dikkat ederdiniz?

1.4. YORUM SİZDE — **Renkli Localı Antik Tiyatro**

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Mimarlık bölümünde okuyan Selim, bitirme tezi için antik-modern tarzda bir tiyatro tasarlamaktadır. Tasarladığı tiyatronun bir bölümüne en alt sıradan yukarıya kadar yan yana ikişer kişilik renkli localar çizer. Birinci sıradan başlayarak her sıraya birer tane kırmızı, ikinci sıradan başlayarak her sıraya üçer tane mavi, üçüncü sıradan başlayarak her sıraya beşer tane sarı, dördüncü sıradan başlayarak da her sıraya yedişer tane mor loca yerleştirir.

1. **Selim'in tasarladığı tiyatro bir atom modeli olsaydı hangi atom modeli olurdu? Açıklayınız.**
2. **Bohr veya modern atom teorisine benzer şekilde tasarlanan tiyatroların benzer yönleri nelerdir?**
3. **Locaları orbitaller olarak düşünürseniz kırmızı, mavi, sarı ve mor localar hangi orbitallere karşılık gelir?**
4. **Kırmızı, sarı, mavi ve mor localar yarı ve tam dolu olursa localara en fazla kaç kişi oturabilir?**
5. **Dördüncü sıradaki localara en fazla kaç kişi oturabilir?**

Atomların elektron davranışlarını anlamak için o atoma ait elektron diziliminin yazılması ve elektronların orbitallere yerleşme şeklinin belirlenmesi gerekir. Atomların elektron dizilimi bilindiğinde o elementin periyodik sistemdeki yeri, grubu; metal mi, ametal mi yoksa soy gaz mı olduğu tahmin edilebilir. Yapacağı bağ türü, hangi maddelerle etkileşebileceği, tepkimenin türü de elektron dizilimi ile anlaşılabilir.

Elektron dizilimi; elektronların enerji düzeyini (baş kuantum sayısı), temel enerji düzeyindeki orbital sayısını (n^2), enerji düzeyindeki orbital türünü ve her enerji düzeyindeki maksimum elektron sayısını ($2n^2$) gösterir. Örneğin elektronların 3. enerji düzeyi için n = 3'tür. Baş kuantum sayısının 3 olması enerji düzeyinin de üç olduğu anlamına gelir. 3. enerji düzeyinde s, p ve d olmak üzere üç orbital türü vardır. $n^2 = 3^2$ ise 3. enerji düzeyinde 9 tane (1 tane s, 3 tane p, 5 tane d) orbital var demektir. Tablo 1.5'te elektronların enerji düzeyleri, enerji düzeyindeki orbital sayısı, orbital türü, orbitaldeki maksimum elektron sayıları verilmiştir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Orbitaller ve orbitaldeki elektronlar orbital şeması ile gösterilir.

( ) veya [ ]
boş orbital

(↑) [↑] veya (↓) [↓]
yarı dolu orbital

(↑↓) [↑↓]
tam dolu orbital

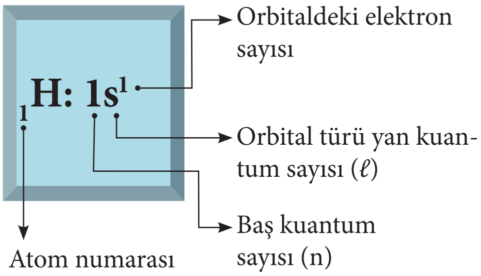
Tablo 1.5: *Elektronların Enerji Düzeyleri, Enerji Düzeyindeki Orbital Sayısı, Orbital Türü, Orbitaldeki Maksimum Elektron Sayılarının Şematik Gösterimi*

Baş Kuantum Sayısı (n)	Enerji Düzeyindeki Orbital Türü	Enerji Düzeyindeki Orbital Sayısı (n^2)	Orbitaldeki Maksimum Elektron Sayısı ($2n^2$)	Enerji Düzeyindeki Orbital Şeması ve Orbitaldeki Elektronların Gösterimi
1	s	1	$2 \cdot 1^2 = 2$	(↑↓)
2	s	1	$2 \cdot 2^2 = 8$	(↑↓)
	p	3		(↑↓) (↑↓) (↑↓)
3	s	1	$2 \cdot 3^2 = 18$	(↑↓)
	p	3		(↑↓) (↑↓) (↑↓)
	d	5		(↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓)
4	s	1	$2 \cdot 4^2 = 32$	(↑↓)
	p	3		(↑↓) (↑↓) (↑↓)
	d	5		(↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓)
	f	7		(↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓) (↑↓)

Orbitalin alabileceği en fazla elektron sayısı 2 (2ℓ + 1) formülü ile bulunur. Tablo 1.6'da enerji düzeyi ve orbitallerin alabilecekleri maksimum elektron sayıları verilmiştir.

Tablo 1.6: *Orbitalin Enerji Düzeyi, Türü, Yan Kuantum Sayısı, En Fazla Alacağı Elektron Sayısı ve Tam Dolu Orbitalin Şematik Gösterimi*

Enerji Düzeyi	Orbital Türü	Yan Kuantum Sayısı (ℓ)	Orbitalin En Fazla Alacağı Elektron Sayısı 2(2ℓ+1)	Tam Dolu Orbital Şeması
1	s	0	$2(2 \cdot 0 + 1) = 2$	↑↓
2	p	1	$2(2 . 1 + 1) = 6$	↑↓ ↑↓ ↑↓
3	d	2	$2(2 . 2 + 1) = 10$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓
4	f	3	$2(2 . 3 + 1) = 14$	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓



Atomların elektron dizilimi yazılırken dört kuantum sayısını (n, ℓ, m_ℓ ve m_s) bilmek, bir atomdaki bütün elektronları tanımlamaya yeter. Bu dört kuantum sayısı adres belirlemede kullanılan mahalle, sokak, ev numarası, posta kodu ve şehir bilgilerine benzer. Bu nedenle elementin atom içindeki adresini yani elektron dizilimini doğru yazmak oldukça önemlidir. Örneğin helyumun proton sayısı da elektron sayısı da 2'dir çünkü nötr atomlarda proton sayısı elektron sayısına eşittir. Helyumun 2 elektronu temel hâlde çekirdeğe en yakın, en düşük enerjili (birinci enerji düzeyinde) s orbitalinde bulunur. Elektron dizilimi $_2He$: $1s^2$ şeklindedir.

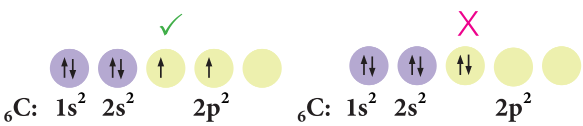
HUND KURALI

Görsel 1.11'deki gibi ikişerli koltukları olan bir otobüse binseydiniz hangi koltuğa oturmayı tercih ederdiniz? Nedeniyle açıklayınız.



Görsel 1.11: *Otobüsteki insanlar*

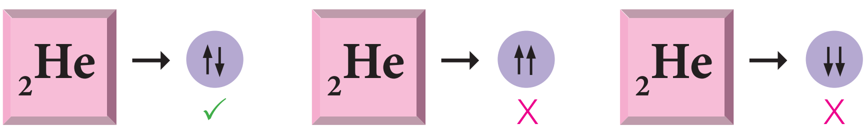
Hund (Hunt) Kuralı'nda elektronların orbitallere doldurulması, insanların otobüsteki koltuklara oturmasına benzer. İnsanlar, genellikle ikili koltuklara önce tek tek sonra ikinci kişi olarak oturur. Hund Kuralı'nda da elektronlar eş enerjili orbitallere yerleşirken önce boş orbitallere aynı spinli olacak şekilde birer birer, daha sonra elektron zıt spinli olacak şekilde ikiye tamamlanarak yerleşir. Bunun nedeni elektronların elektronlar arası etkileşimi en aza indirme ve en kararlı dağılıma sahip olma eğilimidir. Kısaca elektronlar eşleşmeden önce eş enerjili boş orbitalleri doldurur.



Hund Kuralı'na göre, karbon atomunun elektron dizilimi $_6C$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ şeklinde gösterilir. İkinci enerji düzeyindeki dört elektrondan ikisi 2s'deki orbitale, kalan iki elektron da p orbitallerine aynı spinli olacak şekilde tek tek yerleşir. Buna göre yandaki gösterimlerden birincisi doğru, ikincisi yanlıştır.

PAULİ İLKESİ

Pauli [Pauli (Dışlama)] İlkesi'ne göre bir atomdaki iki elektron aynı 4 kuantum sayısına sahip olamaz. Aynı atoma ait iki elektronun n, ℓ, m_ℓ, m_s değerlerinden en az bir tanesi farklıdır. n, ℓ, m_ℓ değerleri aynı olan iki elektronun, kendi eksenleri etrafında dönme hareketleri birbirine zıttır. m_s değerlerinden biri +1/2 olurken diğeri -1/2 olacaktır. Bu nedenle elektronlar aynı orbitale yerleşirken spinleri zıt yerleşir.



AUFBAU (AUFBAU) PRENSİBİ

İnşaat hâlindeki bir binanın 3. katına çıkmak için hangi katlardan geçersiniz?

Aufbau kelimesi Almancada “inşa etme” anlamına gelir. Çok katlı bir bina yapılırken temel atılmadan üst katlara çıkmak mümkün değildir. Aufbau Prensibi’ne göre de elektronlar orbitallere yerleşirken bina örneğinde olduğu gibi çekirdeğe en yakın (en düşük enerjili) orbitalden başlayarak en yüksek enerjili orbitale doğru yerleşir.

ATOMLARIN ELEKTRON DİZİLİMLERİ

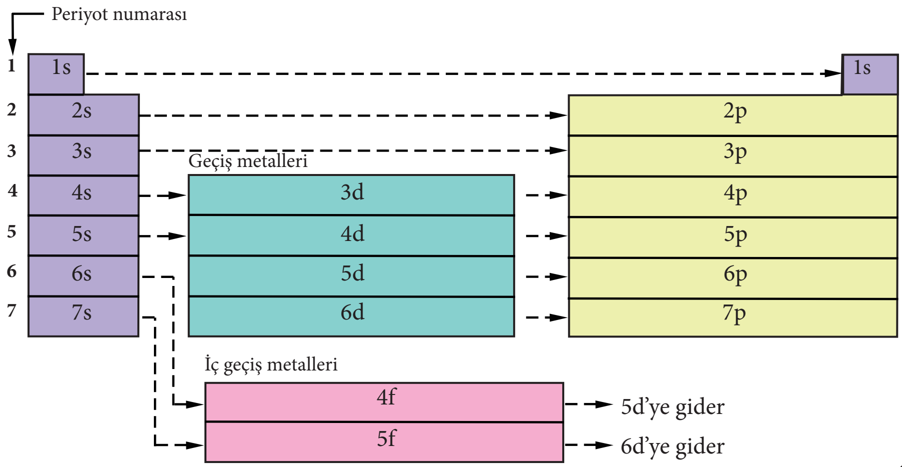
Elektronlar, orbitallere yerleşirken en düşük enerjili orbitalden en yüksek enerjili orbitale doğru yerleşir.

Orbitallerin enerji sıralaması

1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < 5f < 6d < 7p şeklindedir.

Enerji sıralamasının daha kolay ve kalıcı öğrenilebilmesi için, hem katmanı hem de blokları gösteren tablolar, şekiller ve çizelgeler kullanılmaktadır (Tablo 1.7).

***Tablo 1.7:** Periyodik Sistemde Orbital ve Blok İlişkisi*



BİLİYOR MUSUNUZ?

Pauli İlkesi, kuantum mekaniğinin temel ilkelerinden biridir. Eğer atomun bir orbitalindeki elektronlar aynı paralel spinli olsaydı net manyetik alanlar birbirini kuvvetlendireceği için atomu paramanyetik yapardı. Paramanyetik maddeler, bir mıknatıs tarafından çekilen maddelerdir. Elektronlar zıt spinli eşleştiklerinde ise manyetik etkiler birbirini sadeleştireceğinden atom diyamanyetik olur. Diyamanyetik maddeler, mıknatıs tarafından hafifçe itilir. Manyetik özelliklerin ölçülmesi, elementlerin elektron dizilimleri için bilgi edinmeyi sağlar.

Enerji sıralamasını öğrenmenin başka bir yöntemi de Görsel 1.12’deki çizimden yararlanmak ve çizgileri ok yönünde takip etmektir.

Elementin elektron dizilimi kendinden önceki soy gaza göre de yazılabilir.

Sodyumun elektron dizilimi

$_{11}Na$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ şeklindedir.

Periyodik sistemde sodyumdan önceki soy gaz neondur. Neonun elektron dizilimi

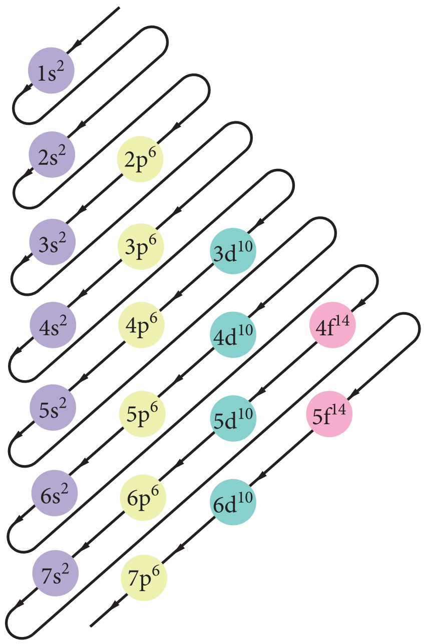
$_{10}Ne$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ olduğundan sodyumun elektron dizilimi de

$_{11}Na$: $[Ne]3s^1$ şeklinde olur.

Klorun elektron dizilimi

$_{17}Cl$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ şeklindedir.

$_{17}Cl$: $[Ne]3s^2\ 3p^5$ şeklinde olur.



***Görsel 1.12:** Orbitallerin enerji sıralaması*

Tablo1.8: *Atom Numarası 36'dan Küçük Olan Bazı Atomların Elektron Dizilimi*

Elementin Sembolü	Atom Numarası	Elektron Dizilimi	En Yakın Soy Gazdan Yararlanarak Yazılan Elektron Dizilimi
H	1	$1s^1$	-
He	2	$1s^2$	-
Li	3	$1s^2\,2s^1$	$[He]\,2s^1$
Be	4	$1s^2\,2s^2$	$[He]\,2s^2$
B	5	$1s^2\,2s^2\,2p^1$	$[He]\,2s^2\,2p^1$
C	6	$1s^2\,2s^2\,2p^2$	$[He]\,2s^2\,2p^2$
N	7	$1s^2\,2s^2\,2p^3$	$[He]\,2s^2\,2p^3$
O	8	$1s^2\,2s^2\,2p^4$	$[He]\,2s^2\,2p^4$
F	9	$1s^2\,2s^2\,2p^5$	$[He]\,2s^2\,2p^5$
Ne	10	$1s^2\,2s^2\,2p^6$	$[He]\,2s^2\,2p^6$
Na	11	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$	$[Ne]\,3s^1$
Mg	12	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2$	$[Ne]\,3s^2$
Al	13	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^1$	$[Ne]\,3s^2\,3p^1$
Si	14	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^2$	$[Ne]\,3s^2\,3p^2$
P	15	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^3$	$[Ne]\,3s^2\,3p^3$
S	16	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$	$[Ne]\,3s^2\,3p^4$
Cl	17	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$	$[Ne]\,3s^2\,3p^5$
Ar	18	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6$	$[Ne]\,3s^2\,3p^6$
K	19	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^1$	$[Ar]\,4s^1$
Ca	20	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2$	$[Ar]\,4s^2$
Sc	21	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^1$	$[Ar]\,4s^2\,3d^1$
Ti	22	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^2$	$[Ar]\,4s^2\,3d^2$
V	23	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^3$	$[Ar]\,4s^2\,3d^3$
Cr	24	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^1\,3d^5$	$[Ar]\,4s^1\,3d^5$
Co	27	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^7$	$[Ar]\,4s^2\,3d^7$
Cu	29	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^1\,3d^{10}$	$[Ar]\,4s^1\,3d^{10}$
Br	35	$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^{10}\,4p^5$	$[Ar]\,4s^2\,3d^{10}\,4p^5$

Tablo 1.8'deki Cr ve Cu elementlerinin elektron dizilimi incelendiğinde elektron dizilimlerinin

$_{24}Cr$: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\mathbf{4s^2\,3d^4}$ ve $_{29}Cu$: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\mathbf{4s^2\,3d^9}$

şeklinde olmadığı

$_{24}Cr$: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\mathbf{4s^1\,3d^5}$ ve $_{29}Cu$: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,\mathbf{4s^1\,3d^{10}}$

şeklinde olduğu görülür. Cr elementinin elektron diziliminde s ve d orbitalleri yarı dolu, Cu elementinin elektron diziliminde ise s orbitali yarı, d orbitali tam doludur. Bir atomun son katmanındaki orbital tam dolu veya yarı dolu ise atom **küresel simetrik** olur. Küresel simetrik elektron dizilimi atoma kararlılık kazandırır.

İYONLARIN ELEKTRON DİZİLİMLERİ

Nötr bir atomda proton sayısı elektron sayısına eşittir. Atomlar kararlı hâle gelmek için elektron alır veya elektron verir. Atomlar elektron alıp verdiğinde elektron sayıları nasıl değişir?

1.5. YORUM SİZDE Elektron Dizilimi

Yönerge: Aşağıdaki atom ve iyonların elektron dizilimlerini inceleyerek soruları cevaplayınız.

$_{11}Na$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ $_{11}Na^+$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

$_8O$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ $_8O^{2-}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

1. Yukarıda sodyum ile oksijenin nötr hâllerinin ve iyonlarının elektron dizilimleri verilmiştir. **Sodyum ve oksijen iyon hâline geçerken elektron sayıları nasıl değişmiştir?**

2. **Her iki atom iyon hâline geçerken neden farklı davranmıştır?**

Atom iyon hâline dönüşürken elektron alır veya verir; elektron verirse katyon, alırsa anyon oluşur. Nötr atomla o atomun iyonu arasındaki fark elektron sayılarından kaynaklanır. İyonların elektron dizilimleri de nötr atomlarda olduğu gibi elektron sayısına göre yapılır. Örneğin magnezyum atomunun elektron dizilimi

$_{12}Mg$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$ şeklindedir.

Magnezyum +2 iyon yükü alır. İyon hâline dönüşürken iki elektron verir. Geriye magnezyumun 10 elektronu kalır. Bu nedenle magnezyum +2 iyonunun elektron dizilimi 10 elektrona göre yapılır.

$_{12}Mg^{2+}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

Flor atomunun elektron dizilimi $_9F$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$ şeklindedir. Flor iyon hâline dönüşürken bir elektron alarak 10 elektrona sahip olur. Flor -1 iyonunun elektron dizilimi de 10 elektrona göre yapılır.

$_9F^-$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

Atomlar elektron verirken en yüksek enerji düzeyindeki elektronunu (elektronlarını) verir. Son enerji düzeyindeki elektronun (elektronlar), çekirdeğe olan uzaklığı nedeniyle çekirdeğin elektrostatik çekim kuvveti azalır.

Geçiş metallerinin elektron dizilimi $ns^2\ (n\text{-}1)d^x$ şeklindedir. Geçiş metalleri elektron verirken en yüksek enerji düzeyindeki s orbitalinden verir. Örneğin $_{29}Cu$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$ elektron dizilimine sahip Cu elementi, bir elektronunu en yüksek enerji düzeyi olan 4. enerji düzeyinden verir. Elektron dizilimi $_{29}Cu^{1+}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$ şeklinde olur.

DEĞERLİK ORBİTALİ VE DEĞERLİK ELEKTRONLARI

Mıknatıs farklı uzaklıktaki çivilere yaklaştırıldığında çiviler uzaklıklarına göre mıknatısın çekim gücünden nasıl etkilenir?

Bir atomun en yüksek (çekirdeğe en uzak) enerji düzeyindeki orbitallerine **değerlik orbitalleri**, değerlik orbitallerindeki elektronlara da **değerlik elektronları** denir. Değerlik elektronları ile çekirdek arasındaki elektrostatik çekim kuvveti azaldığı için değerlik elektronları, kimyasal bağa katılan ve iyon oluşturan elektronlardır.

Değerlik elektronları aynı zamanda periyodik sistemdeki grup numarasını verir. Değerlik elektron sayısı aynı olan elementler genellikle benzer kimyasal özellikler gösterir.

ELEMENTLERİN ELEKTRON DİZİLİMLERİ İLE ELEMENTİN AİT OLDUĞU BLOK

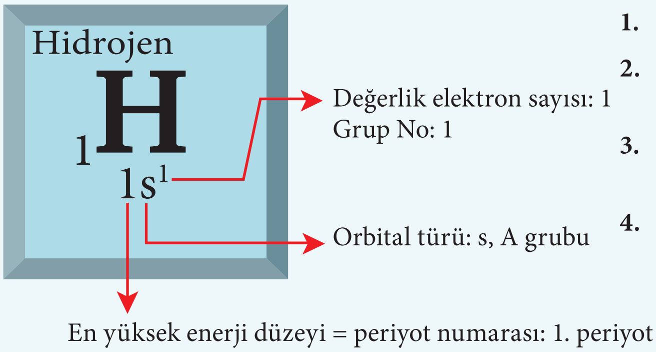
Bir insanın kim olduğunu kanıtlayan belge, kimlik kartıdır. Kimlik kartında yer alan fotoğraf, imza ve görsel güvenlik ögeleri kimlik kartının o kişiye ait olduğunu doğrular. Aynı kimlik kartına sahip ikinci bir kişi olamayacağı gibi aynı atom numarasına sahip ikinci bir element de yoktur.

Bir elementin atom numarası ile kimlik kartınızdaki bilgilerden hangisini ilişkilendirebilirsiniz?

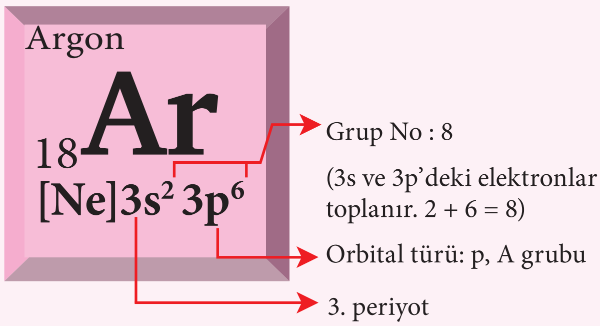
Bir atomun elektron dizilimi veya periyodik sistemdeki yeri de insanların kimlik kartlarına benzer ve element hakkındaki bilgilerin öğrenilmesini sağlar.

Elektron diziliminden yararlanılarak elementin periyodik sistemdeki yeri bulunabilir. Elementin periyodik sistemdeki yerini bulabilmek için aşağıdaki basamaklar uygulanır.

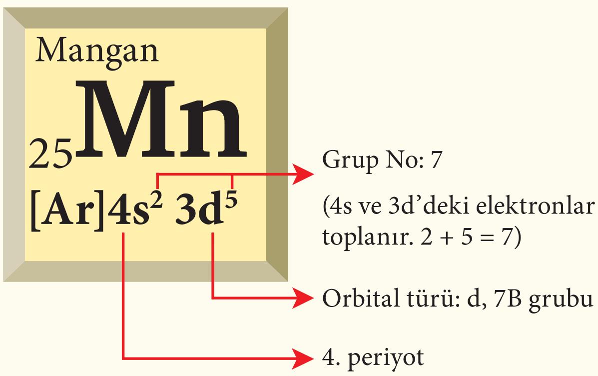
1. Elementin elektron dizilimi (temel hâldeki) yazılır.
2. Baş kuantum sayısı (n) elementin periyot numarasıdır.
3. Değerlik elektronlarının toplam sayısı elementin grubunu verir (Sayı 10'dan büyükse bu sayıdan 10 çıkarılır).
4. Elementin elektron dizilimindeki son orbital s veya p ise element A grubu, d ise B grubu elementidir.



1. $_{1}H: 1s^{1}$
2. En yüksek enerji düzeyinin n = 1 olması elementin 1. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Değerlik elektronları sayısı 1'dir. Bu sayı grup numarasıdır.
4. Hidrojen 1. periyot 1A grubunda bulunur.

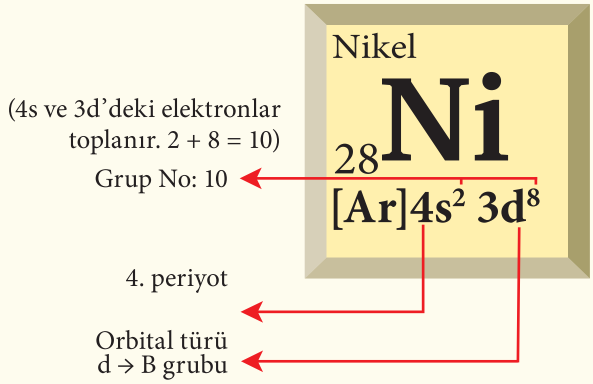


1. $_{18}Ar: 1s^{2}\ 2s^{2}\ 2p^{6}\ 3s^{2}\ 3p^{6}$
2. En yüksek enerji düzeyinin n = 3 olması elementin 3. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Değerlik orbitallerindeki (3s ve 3p) toplam elektron sayısı 2 + 6 = 8'dir. Bu sayı grup numarasıdır. Argonun 3. periyot 8A grubu elementi olduğu belirlenir.

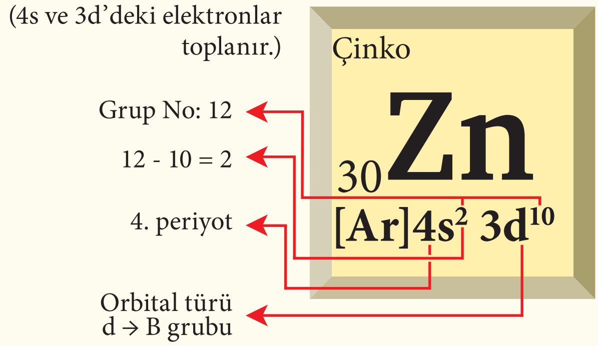


1. $_{25}Mn: 1s^{2}\ 2s^{2}\ 2p^{6}\ 3s^{2}\ 3p^{6}\ 4s^{2}\ 3d^{5}$
2. En yüksek enerji düzeyinin n = 4 olması elementin 4. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Elektron dizilimindeki en son orbital türü d olduğu için manganın d blokunda ve B grubu elementi olduğu anlaşılır.
4. Değerlik orbitallerindeki (4s ve 3d) toplam elektron sayısı 2 + 5 = 7'dir. Bu sayı grup numarasıdır. Manganın 4. periyot 7B grubu elementi olduğu belirlenir.

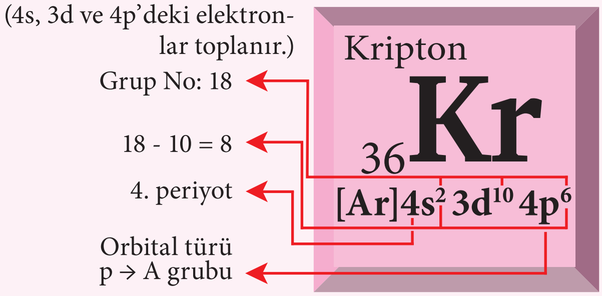
1. $_{28}Ni: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^8$
2. En yüksek enerji düzeyinin n = 4 olması elementin 4. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Elektron dizilimindeki en son orbital türü d olduğu için nikelin d blokunda ve B grubu elementi olduğu anlaşılır.
4. Değerlik orbitallerindeki (4s ve 3d) toplam elektron sayısı 2 + 8 = 10'dur. Elektron dizilimi d ile biten elementlerin değerlik elektronları toplamı 8, 9 ve 10 ise bu elementler 8B grubunda yer alır. Bu sayı grup numarasıdır. Nikelin 4. periyot 8B grubu elementi olduğu belirlenir.



1. $_{30}Zn: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$
2. En yüksek enerji düzeyinin n = 4 olması elementin 4. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Elektron dizilimindeki en son orbital türü d olduğu için çinkonun d blokunda ve B grubu elementi olduğu anlaşılır.
4. Değerlik orbitallerindeki (4s ve 3d) toplam elektron sayısı 2 + 10 = 12'dir. Elektronların toplamı 10'u aşıyorsa toplamdan 10 sayısı çıkarılarak grup numarası bulunur. Çinkonun 4. periyot 2B grubu elementi olduğu belirlenir.



1. $_{36}Kr: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6$
2. En yüksek enerji düzeyinin n = 4 olması elementin 4. periyotta bulunduğunu gösterir.
3. Elektron dizilimindeki en son orbital türü p olduğu için kriptonun p blokunda ve A grubu elementi olduğu anlaşılır.
4. Kriptonun elektron dizilimi (4s, 3d ve 4p) olarak sonlanmaktadır. Elektron dizilimindeki 4s, 3d ve 4p orbitallerindeki elektron sayılarının toplamı 2 + 10 + 6 = 18'dir. Elektron sayılarının toplamı 10'u aşıyorsa toplamdan 10 çıkarılarak grup numarası bulunur. Kriptonun 4. periyot 8A grubu elementi olduğu belirlenir.



Elementlerin elektron dizilimleri periyodik sistemdeki blok, periyot ve gruplarla ilişkilidir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

Aşağıda, sembolü ve atom numarası verilen elementin elektron dizilimini yazarak periyodik sistemdeki yerini bulunuz.

$_{32}Ge$, $_{34}Se$

Çözüm

$_{32}Ge: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^2$ → 4; → A grubu; → 4. periyot

Periyodik sistemdeki yeri 4. periyot 4A grubudur.

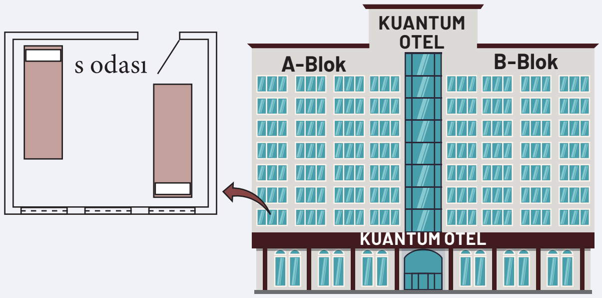
$_{34}Se: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$ → 6; → A grubu; → 4. periyot

Periyodik sistemdeki yeri 4. periyot 6A grubudur.

1.6. YORUM SİZDE Kuantum Oteli

Yönerge: Aşağıdaki metin, görsel ve tablodan yararlanarak soruları cevaplayınız. (Oteli periyodik sistem, odaları orbital olarak düşününüz.)

Spor organizasyonuna katılmak için şehir dışından gelen sporcular yedi katlı Kuantum Oteli'ne yerleştirileceklerdir. Otelde A ve B olmak üzere iki blok; 2 kişilik → s odası, 6 kişilik → p odası, 10 kişilik → d odası, 14 kişilik → f odası olmak üzere dört tip oda bulunmaktadır. Her odanın penceresi kapının karşısındadır.



Otel, sporcuları kat ve odalara belirli yönerge ve kurallara göre yerleştirmektedir:

a) Odalardaki yatakların baş tarafları; yarısı pencereye, yarısı kapıya doğru olacak şekilde konumlandırılmıştır (s odası görselinde olduğu gibi).

b) Sporcular odaya yerleşirken ya önce pencere ya da kapıya doğru olan yataklara sırasıyla, daha sonra da diğer yöndeki yataklara yerleşeceklerdir. Odalara yerleşim aşağıdaki sıra ile yapılmaktadır.

s ve p odaları A, d ve f odaları B bloktadır. Odaların katlarda bulunma durumu aşağıda verilmiştir:

1. kat	2. kat	2. kat	3. kat	3. kat	4. kat	3. kat	4. kat	5. kat	4. kat
s odası	s odası	p odası	s odası	p odası	s odası	d odası	p odası	s odası	d odası

	A Blok		B Blok	
Kat Sayısı	**2 Kişilik Oda (s)**	**6 Kişilik Oda (p)**	**10 Kişilik Oda (d)**	**14 Kişilik Oda (f)**
1	+	-	-	-
2	+	+	-	-
3	+	+	+	-
4	+	+	+	+
5	+	+	+	+
6	+	+	+	-
7	+	+	-	-

1. 32 kişilik bir sporcu grubu odalara sırasıyla yerleştirildiğinde son sporcu nereye yerleşir? Yandaki kutucuklara yazınız.

Kat No. Oda No. Yatak Sıra No.

2. Gruptaki 16. sporcu yukarıdaki kurallara göre son odaya yerleştirildiğinde odadaki sporcu sayısı ne olur? Odadaki yatakların doluluk durumunu yandaki çizim üzerinde temsilî oklarla gösteriniz.

3. Asansörde 3. kat düğmesine basan bir sporcu hangi tip odaya gidemez?

4. Sporcuların odalara yerleştirilmesi atomların elektron dizilimleriyle ilgili kurallardan hangilerine benzemektedir? Açıklayınız.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tabloda öğretmenin sorduğu sorulara Meltem'in verdiği cevaplar bulunmaktadır. Meltem'in cevapları doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış cevabın karşısına doğrusunu yazınız.

Meltem'in Cevapları	D/Y	Açıklama
Elektronlar eş enerjili orbitallere aynı spinli olacak şekilde birer birer yerleştirilir.		
Bir atomdaki iki elektronun 4 kuantum sayısı aynı olamaz.		
Elektron dizilimi yazılırken elektronlar orbitallere en yüksek enerji düzeyinden başlanarak yerleştirilir.		
s, p, d, f orbitalleri sırasıyla en fazla 2, 6, 10, 14 elektron alır.		

2. $_{5}B$, $_{14}Si$, $_{15}P$, $_{18}Ar$ elementleri ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

a) $_{5}B$, $_{14}Si$, $_{15}P$, $_{18}Ar$ elektron dizilimlerini yazarak orbital şemalarını çiziniz.

b) Aşağıdaki tabloda yer alan elementlerin boş, yarı dolu ve dolu orbital sayılarını boşluklara yazınız.

Elementler	Boş	Yarı Dolu	Dolu
$_{5}B$			
$_{14}Si$			
$_{15}P$			
$_{18}Ar$			

3. 3. enerji düzeyinde toplam 7 elektronu bulunan elementin

a) Orbital şemasını çiziniz ve elektron dizilimini gösteriniz.

b) Atom numarasını bulunuz.

c) Periyodik sistemdeki yerini bulunuz.

ç) Hangi blokta bulunduğunu yazınız.

4. Aşağıdaki nötr atom-iyon çiftlerinin elektron dizilimini gösteriniz.

$_{17}Cl$ .... $_{17}Cl^{-}$ ....

$_{13}Al$ .... $_{13}Al^{3+}$ ....

$_{8}O$ .... $_{8}O^{2-}$ ....

$_{29}Cu$ .... $_{29}Cu^{+}$ ....

3. BÖLÜM

1.3. PERİYODİK ÖZELLİKLER

Neleri Bilmelisiniz?

- Atom yarıçapını,
- İyonlaşma enerjisini bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- Kovalent yarıçapı, van der Waals (fan dır Vaals) yarıçapını ve iyonik yarıçapın farklarını,
- Periyodik özellikler arasındaki metallik-ametallik, atom-iyon yarıçapı, iyonlaşma enerjisi, elektron ilgisi, elektronegatiflik ve oksit-hidroksit bileşiklerinin asitlik-bazlık eğilimlerini,
- Ardışık iyonlaşma enerjilerinin grup numarasıyla ilişkisini örneklerle gösterebilmeyi öğreneceksiniz.

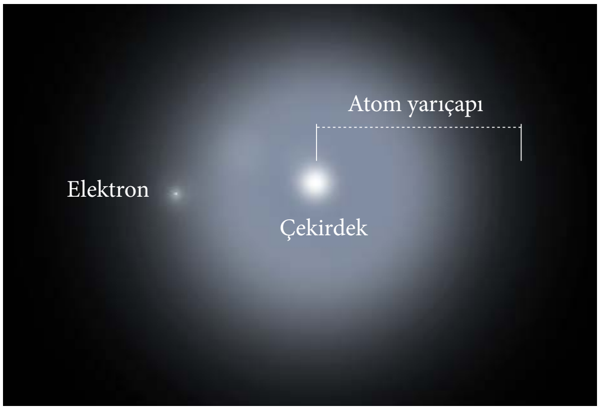
BÖLÜME HAZIRLIK

- **Atomlar gözle görülemeyecek kadar küçük parçacıklar olduğuna göre atom yarıçapları nasıl ölçülür?**

1.3.1. PERİYODİK ÖZELLİKLERDE DEĞİŞİM EĞİLİMLERİ



***Görsel 1.13:** Mayalanmış hamur*



***Görsel 1.14:** Modern atom teorisine göre atom yarıçapı*

Mayalanmış hamurdan (Görsel 1.13) koparılıp top hâline getirilen iki parça hamur yan yana konduğunda bir süre sonra hamur parçalarının birleştiği görülür. Bu durumda tek bir hamur parçasının yarıçapı nasıl hesaplanır?

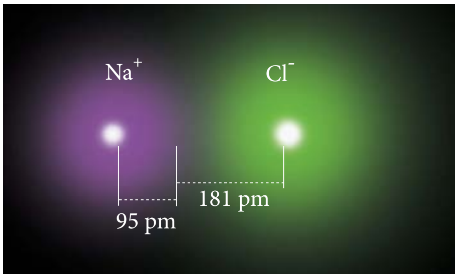
Yarıçap, kürenin merkezinden küre yüzeyindeki herhangi bir noktaya olan uzaklık olarak tanımlanır. **Atom yarıçapı** ise atom çekirdeği ile en son katmanda bulunan elektron arasındaki uzaklık şeklinde ifade edilebilir (Görsel 1.14). Modern atom teorisinde elektronların bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgelerden bahsedildiği için dış katmandaki elektronun yeri kesin olarak bilinemez. Kuantum kuramına göre elektron çekirdekten uzaklaştıkça katmanda bulunma olasılığı azalır. O hâlde atom yarıçapı iki atom çekirdeği arasındaki uzaklıktan yararlanılarak bulunabilir.

Atomun yaptığı bağa göre elektron ile çekirdeğin etkileşimi değişeceğinden atom yarıçapı da değişir. Bu çap değişimi; iyonik, kovalent ve van der Waals yarıçapları olarak ifade edilir. Örneğin klor atomu hem iyonik bağ

hem de kovalent bağ yapabilir. O hâlde klor atomu için iyonik ve kovalent yarıçaptan bahsetmek mümkündür. Ayrıca Cl_2 molekülleri apolar olduğu için bu moleküller arasındaki uzaklıktan yararlanılarak van der Waals yarıçapı da ölçülebilir.

İYONİK YARIÇAP

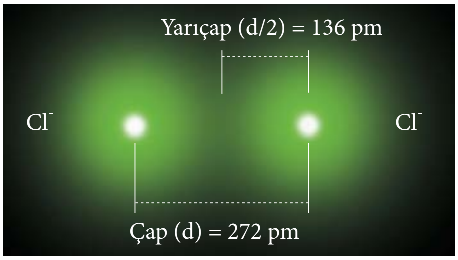
Atom yarıçapı, nötr atomların boyutlarının ölçüsüdür. **İyonik yarıçap** ise yüklü bir atomun boyutunun ölçüsüdür ve iyonik bağ ile bağlı iyonların çekirdekleri arasındaki uzaklıktan yararlanılarak ölçülür. İyonlar farklı büyüklükte olduğundan iyon yarıçapı iyonlar arasındaki uzaklığın yarısı değildir. Uzaklık, anyon ve katyon arasında uygun şekilde paylaştırılarak hesaplanır (Görsel 1.15).



***Görsel 1.15:** Sodyum ve klorun iyonik yarıçapı*

KOVALENT YARIÇAP

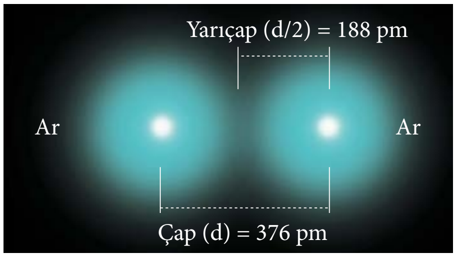
Ametal-ametal atomları arasında oluşan bağ **kovalent bağ**dır. Kovalent bağ ile bağlanmış aynı iki atomun çekirdekleri arasındaki uzaklıktan yararlanılarak hesaplanan yarıçap **kovalent yarıçap**tır. Klor molekülünde kovalent yarıçapı bulabilmek için klor atomlarının çekirdekleri arasındaki uzaklık, ikiye bölünür (Görsel 1.16).



***Görsel 1.16:** Klor atomunun kovalent yarıçapı*

VAN DER WAALS YARIÇAPI

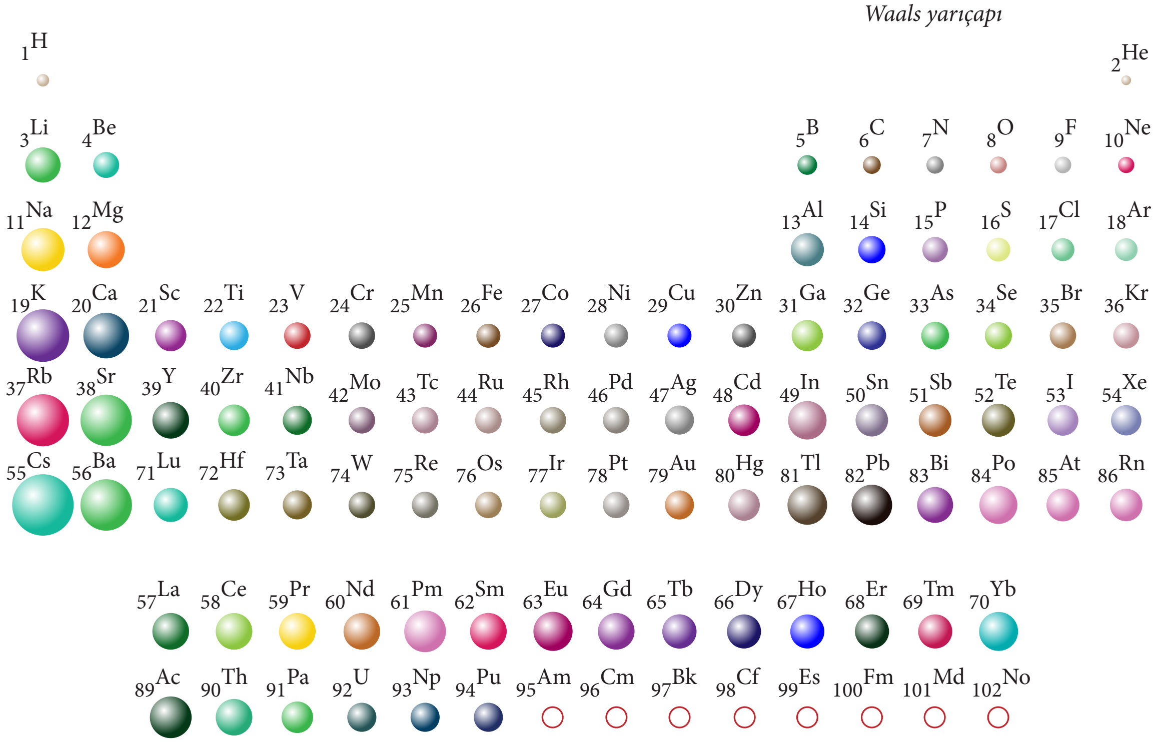
Apolar moleküllerde ve katı hâldeki soy gazlarda hesaplanan yarıçap **van der Waals yarıçapı**dır (Soy gazlar düşük sıcaklık ve yüksek basınçta katı hâle gelir.). Örneğin argon atomlarının katı hâldeki çekirdekleri arasındaki uzaklığın yarısı, bu atomların van der Waals yarıçapını verir (Görsel 1.17).



***Görsel 1.17:** Argon atomunun van der Waals yarıçapı*

PERİYODİK ÖZELLİKLER

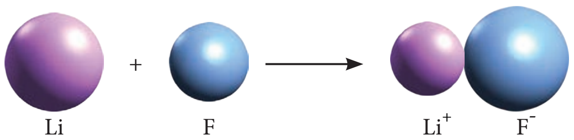
***Tablo 1.9:** Periyodik Sistemde Atom Yarıçapı Değişimi*



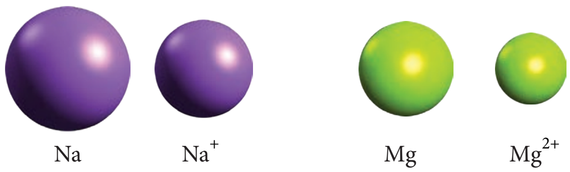
Tablo 1.9'daki periyodik sistemde aynı periyot ve aynı grupta atom yarıçapları nasıl değişmektedir? Atom yarıçaplarındaki değişiklikleri nedenleriyle açıklayınız.

Atom veya İyon Yarıçapı

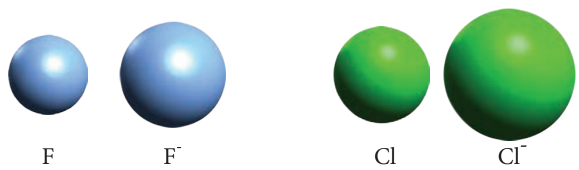
- Periyodik sistemde aynı grupta aşağıya doğru baş kuantum sayısı ve katman sayısı artar. Çekirdekle dış katmandaki elektron arasındaki elektrostatik çekim gücü azalırken atom yarıçapı artar.
- Periyodik sistemde aynı periyotta sağa doğru katman sayısı değişmez. Çekirdek yükü arttığı için çekirdeğin elektron başına düşen çekim gücü artar, atom yarıçapı azalır. Geçiş ve iç geçiş elementlerinde perdeleme etkisi yüzünden atom yarıçapındaki değişim daha azdır.



***Görsel 1.18:** LiF bileşiğinin oluşum tepkimesi*



***Görsel 1.19:** Atom ve atomun katyon çapı*



***Görsel 1.20**: Atom ve atomun anyon çapı*

- Atom katyon hâline geçerken atom yarıçapı küçülür.
- Atom anyon hâline geçerken atom yarıçapı büyür.
- Katyonun iyon yarıçapı < nötr atomun yarıçapı < anyonun iyon yarıçapı

Örneğin lityum (Li) ile flor (F) bileşik oluştururken lityum elektron vererek katyon olur, lityumun atom yarıçapı küçülür. Flor elektron alarak anyon olur, florun atom yarıçapı büyür (Görsel 1.18).

Katyon veya pozitif iyon: Bir atom katyon oluşturduğunda elektron verir. Bu durumda iyon hâlindeki atomun yarıçapı küçülür. Metaller elektron verdiğinden metallerin iyonik yarıçapları atomik yarıçaplarından daha küçük olur (Görsel 1.19).

Anyon veya negatif iyon: Bir atom anyon oluşturduğunda elektron alır. Bu durumda iyon hâlindeki atomun çapı büyür. Ametaller genellikle anyon oluşturur. Bu nedenle ametallerin iyonik yarıçapları atomik yarıçaplarından daha büyüktür (Görsel 1.20).

Metalik ve Ametalik Özellik

Metaller pozitif iyon oluşturma eğilimindedir. Atomların baş kuantum sayısı (katman sayısı), periyodik sistemde aynı grupta aşağı doğru artar. Dolayısıyla atom yarıçapı da artar. Atom yarıçapı arttıkça dış katmandaki elektronlar çekirdekten uzaklaşır. Çekirdek ve elektron arasındaki çekim gücü azalırken metalik aktiflik artar.

Ametaller negatif iyon oluşturma eğilimindedir. Atom yarıçapı, periyodik sistemde aynı grupta yukarıya doğru küçülür. Atom yarıçapının küçülmesi elektron başına düşen çekim kuvvetini artırır, atomun elektron kazanması kolaylaşır ve ametalik aktifliği artar.

Atom yarıçapı metalik ve ametalik özellik ile yakından ilişkilidir.

- Atom yarıçapı, periyodik sistemde aynı grupta aşağıya doğru artar. Atomun elektron vermesi kolaylaşırken metalik aktifliği artar, ametalik aktifliği azalır.
- Atom yarıçapı; periyodik sistemde aynı periyotta sağa doğru genellikle azaldığı için atomun elektron vermesi zorlaşır, metalik aktifliği azalırken ametalik aktifliği artar.

ARAŞTIRINIZ

Atomların iyonlaşma enerjilerinin nasıl bulunduğunu araştırınız.

İyonlaşma Enerjisi

İyonlaşma enerjisi periyodik sistemde tüm elementlerin sahip olduğu bir özelliktir. **İyonlaşma enerjisi**, gaz hâlindeki nötr bir atomdan bir elektron koparmak için gereken minimum enerjidir.

Temel hâldeki atomdan bir elektron koparmak için gerekli olan enerjiye **1. iyonlaşma enerjisi** denir.

$X(g)$ + birinci iyonlaşma enerjisi ($İE_1$) → $X^+(g) + e^-$

X^+ iyonundan bir elektron koparmak için gerekli enerjiye **2. iyonlaşma enerjisi** denir.

$X^+(g)$ + ikinci iyonlaşma enerjisi ($İE_2$) → $X^{2+}(g) + e^-$

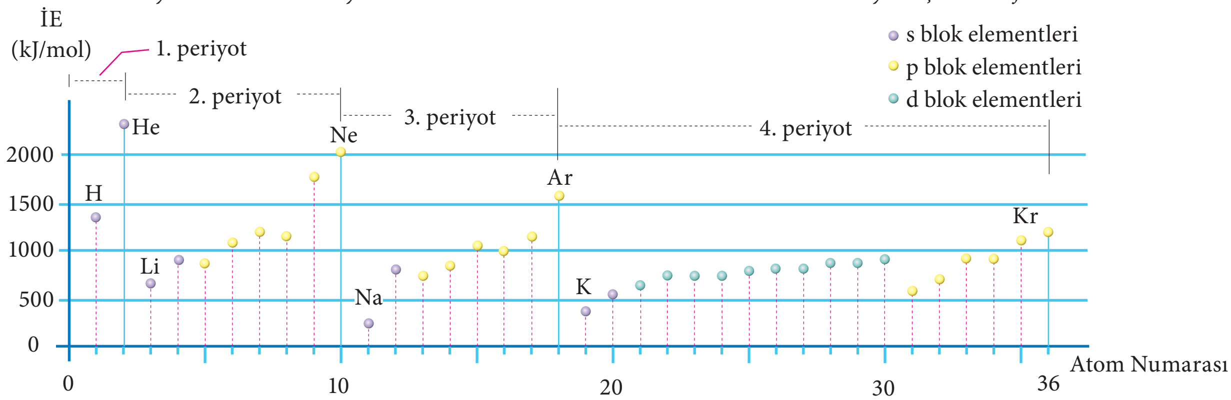
Bir atomun kaç tane elektronu varsa o kadar iyonlaşma enerjisi vardır. Bir sonraki iyonlaşma enerjisi, bir öncekinden büyüktür:

$İE_1 < İE_2 < İE_3 < İE_4 < ...$ ($İE_1$= 1. iyonlaşma enerjisi)

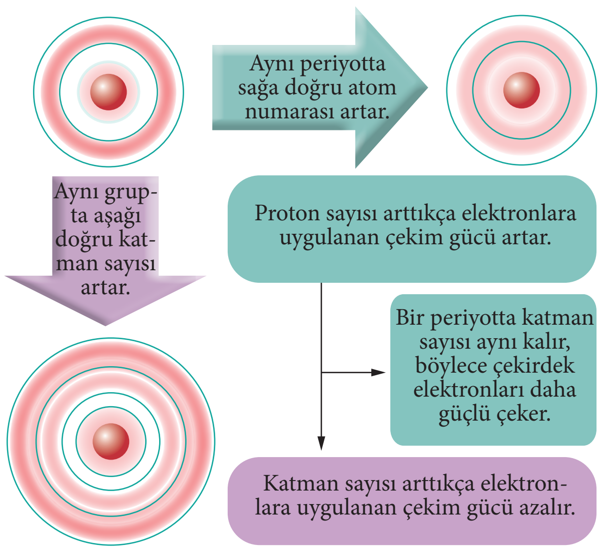
Nötr bir atomdan elektron koparıldığında çekirdeğin elektron başına uyguladığı çekim gücü artar. Bu nedenle atomdan ikinci bir elektron koparmak güçleşir çünkü iyonlaşma enerjisinin büyüklüğü elektronun atomda ne kadar güçlü çekildiğinin bir ölçüsüdür. İyonlaşma enerjisinin birimi kJ/mol'dür.

İyonlaşma enerjisi ölçülürken atomun gaz hâlinde olması gerekir. Bunun nedeni gaz atomlarının komşu atomlardan etkilenmemeleri ve moleküller arası etkileşimlerinin ihmal edilmesidir.

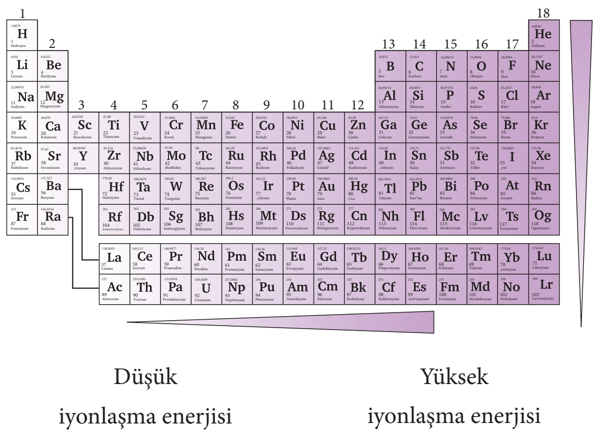
***Tablo 1.10:** Periyodik Sistemdeki 36'ya Kadar Olan Elementlerin Atom Numaralarına Göre İyonlaşma Enerjileri*



Tablo 1.10'daki grafikte 1. iyonlaşma enerjilerine göre elementlerin sıralaması yapılmıştır. Buna göre aynı grup içinde aşağıya doğru atom çapı artar, elektron vermek kolaylaşırken iyonlaşma enerjisi azalır. Periyodik sistemde aynı periyotta atom numarası arttıkça iyonlaşma enerjisi de genellikle artar çünkü sağa doğru çekirdek yükünün artması, en dış katmandaki elektronun atom çekirdeği tarafından daha güçlü çekilmesini sağlar (Görsel 1.21). Soy gazların yüksek iyonlaşma enerjilerine, alkali metallerin ise en düşük iyonlaşma enerjilerine sahip olduğu Görsel 1.22'de görülmektedir. Grup 1 ve 18 arasındaki elementlerin iyonlaşması için gerekli enerji periyot boyunca genellikle artar.



***Görsel 1.21:** İyonlaşma enerjisi*

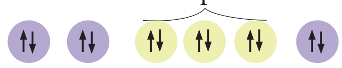


***Görsel 1.22:** Periyodik sistemde iyonlaşma enerjisi sıralaması*

İyonlaşma enerjisi aynı periyotta sağa doğru artarken bazı istisnalar görülür. Bu istisnalardan biri 2A ve 3A grubu, diğeri ise 5A ve 6A grubu arasındadır. 3A grubu elementleri 2A grubu elementlerine göre, 6A grubu elementleri de 5A grubu elementlerine göre daha düşük iyonlaşma enerjisine sahiptir.

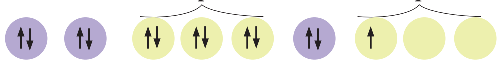
Aynı periyottaki 2A grubu elementlerinden Mg ve 3A grubu elementlerinden Al'nin 1. iyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında Mg ($İE_1$) > Al ($İE_1$) olduğu görülür.

$_{12}$Mg: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$



2A grubu 1. iyonlaşma enerjisi 738,1 kJ/mol

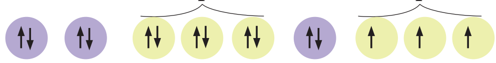
$_{13}$Al: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^1$



3A grubu 1. iyonlaşma enerjisi 577,9 kJ/mol

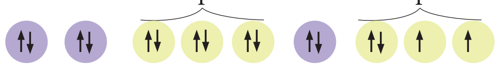
Aynı periyotta 5A grubu elementlerinden P ve 6A grubu elementlerinden S'nin 1. iyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında P($İE_1$) > S($İE_1$)olduğu görülür.

$_{15}$P: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^3$



5A grubu 1. iyonlaşma enerjisi 1012 kJ/mol

$_{16}$S: $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^4$



6A grubu 1. iyonlaşma enerjisi 999,5 kJ/mol

2A grubu elementleri tam dolu, 5A grubu elementleri yarı dolu elektron dizilimine sahiptir. Tam dolu ya da yarı dolu elektron düzenindeki elementler küresel simetri özelliğine sahiptir. Bu nedenle 2A grubundaki elementlerden elektron koparmak 3A grubundaki elementlere göre, 5A grubu elementlerinden elektron koparmak da 6A grubu elementlerine göre daha zordur. Küresel simetri bu elektron dizilimine sahip elementleri daha kararlı hâle getirir. Buna göre aynı periyotta sağa doğru 1. iyonlaşma enerjilerinin sıralaması

1A < 2A < 3A < 4A < 5A < 6A < 7A < 8A olması gerekirken küresel simetri nedeniyle



Gruplar yer değiştirir.

1A < 3A < 2A < 4A < 6A < 5A < 7A < 8A şeklinde olur.

A grubu elementlerinin ardışık iyonlaşma enerjileri bilinirse periyodik sistemdeki yerleri bulunabilir. Tablo 1.11'de ilk 4 elementin (H, He, Li, Be) iyonlaşma enerjileri verilmiştir.

Tablo 1.11: *İlk Dört Elementin İyonlaşma Enerjileri (kJ/mol)*

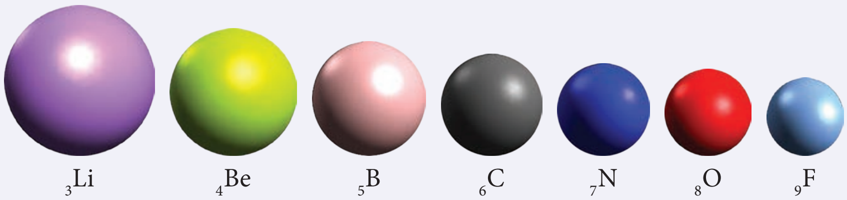
Element Sembolü	1. İyonlaşma Enerjisi	2. İyonlaşma Enerjisi	3. İyonlaşma Enerjisi	4. İyonlaşma Enerjisi
H	1 312	—	—	—
He	2 373	5 251	—	—
Li	520	7 300	11 815	—
Be	899	1 757	14 850	21 005

Tablo 1.11'deki bilgiler karşılaştırıldığında hidrojenin 1, helyumun 2, lityumun 3, berilyumun ise 4 iyonlaşma enerjisine sahip olduğu görülür. Bir atomun kaç tane elektronu varsa o kadar iyonlaşma enerjisi vardır.

Lityumun 1. iyonlaşma enerjisi ile 2. iyonlaşma enerjisi arasındaki fark çok fazladır. Bu durum, lityumun değerlik elektronunun 1 olduğunu ve 1A grubunda bulunduğunu gösterir. Berilyumun, 2. iyonlaşma enerjisi ile 3. iyonlaşma enerjisi arasındaki farkın çok fazla olmasının nedeni yarıçapın küçülmesi, çekirdek ve değerlik elektronu arasındaki elektrostatik çekim gücünün artmasıdır. Kolay koparılan elektronlar değerlik elektronlarıdır. Bu nedenle de bu durum berilyumun değerlik elektronunun 2 olduğunu ve 2A grubunda bulunduğunu gösterir. Ayrıca lityum ile hidrojen elementleri aynı gruptadır. Bu elementlerin 1. iyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında hidrojenin 1. iyonlaşma enerjisinin lityumunkinden büyük olduğu görülür. Bunun nedeni, lityumun atom yarıçapının hidrojeninkinden büyük olmasıdır.

1.7. YORUM SİZDE İyonlaşma Enerjisi

Yönerge: Aşağıdaki görsel ve tablodan yararlanarak soruları cevaplayınız



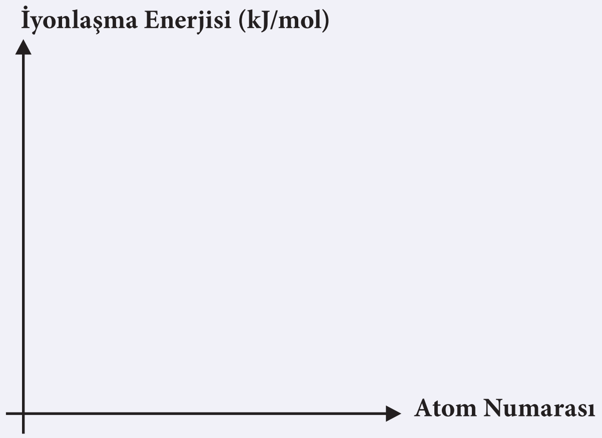
İyonlaşma Enerjisi (kJ/mol)	1. İE	2. İE	3. İE	4. İE	5. İE	6. İE	7. İE	8. İE
Li	520	7 300	11 815	—	—	—	—	—
Be	899	1 757	14 850	21 005	—	—	—	—
B	800	2 430	3 659	25 020	32 810	—	—	—
C	1 086	2 352	4 619	6 221	37 800	—	—	—
N	1 402	2 857	4 577	7 473	9 443	53 250	—	—
O	1 314	3 391	5 301	7 468	10 980	13 320	71 300	84 050
F	1 681	3 375	6 045	8 418	11 020	15 160	17 860	92 000

Tabloda $_3$Li, $_4$Be, $_5$B, $_6$C, $_7$N, $_8$O, $_9$F atomlarının atom yarıçapları ve iyonlaşma enerjileri verilmiştir.

1. **Verilen atomların çapları ile 1. iyonlaşma enerjileri arasındaki ilişkiyi açıklayınız.**

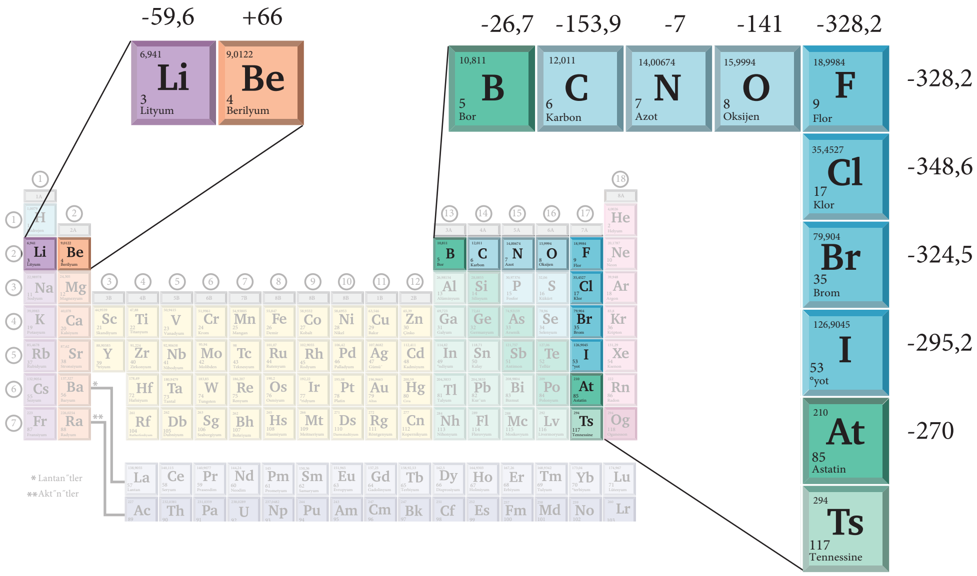
2. Tablodaki atomların 1. iyonlaşma enerjileri incelendiğinde enerjilerinde ardışık bir yükselme olmadığı görülmektedir. **Bu atomlar hangileridir? Böyle bir durumun oluşma nedenini açıklayınız.**

3. **Tablodaki 1. iyonlaşma enerjileri ve atom numaralarını kullanarak iyonlaşma enerjisi-atom numarası grafiğini çiziniz.**



Elektron İlgisi

***Tablo 1.12:** 2. Periyot ve 7A Grubu Elementlerinin Elektron İlgisi (elektron ilgisinin birimi "**kJ/mol**"olarak verilmiştir.)*



Gaz hâlindeki nötr bir atomun bir elektron alması sırasında açığa çıkan enerjiye **elektron ilgisi** denir. Açığa çıkan enerji ve elektron alma isteği ne kadar büyükse elektron ilgisi de o kadar büyük olur. Bu nedenle ametallerin elektron ilgisi genellikle metallerden daha büyüktür.

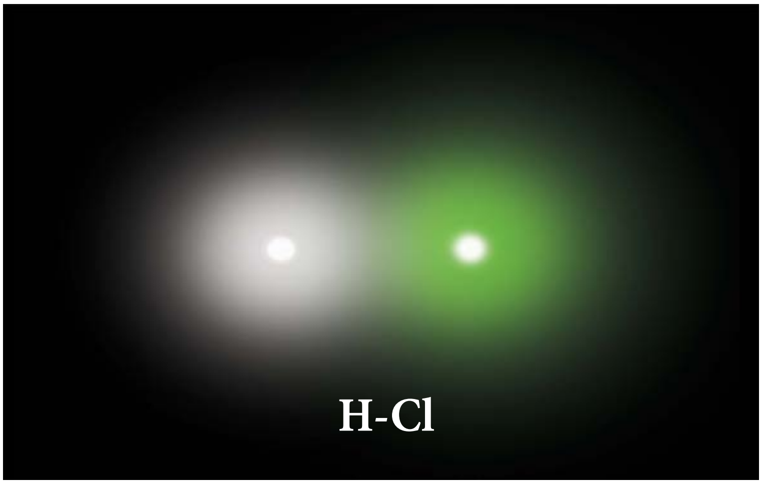
BİLİYOR MUSUNUZ?

Elektron ilgisi genellikle ekzotermiktir ancak endotermik de olabilir.

$X(g) + e^- \rightarrow X^-(g) + \text{enerji (Eİ)}$ Eİ = Elektron İlgisi

Periyodik sistemde aynı periyotta sağa doğru elektron ilgisi genellikle artar. Aynı grupta aşağıya doğru elektron ilgisi genellikle azalır ancak Tablo 1.12'de görüldüğü gibi 7A grubundaki Cl atomunun elektron ilgisi F atomunun elektron ilgisinden büyük olduğu için Cl bu kurala uymaz.

Elektronegatiflik



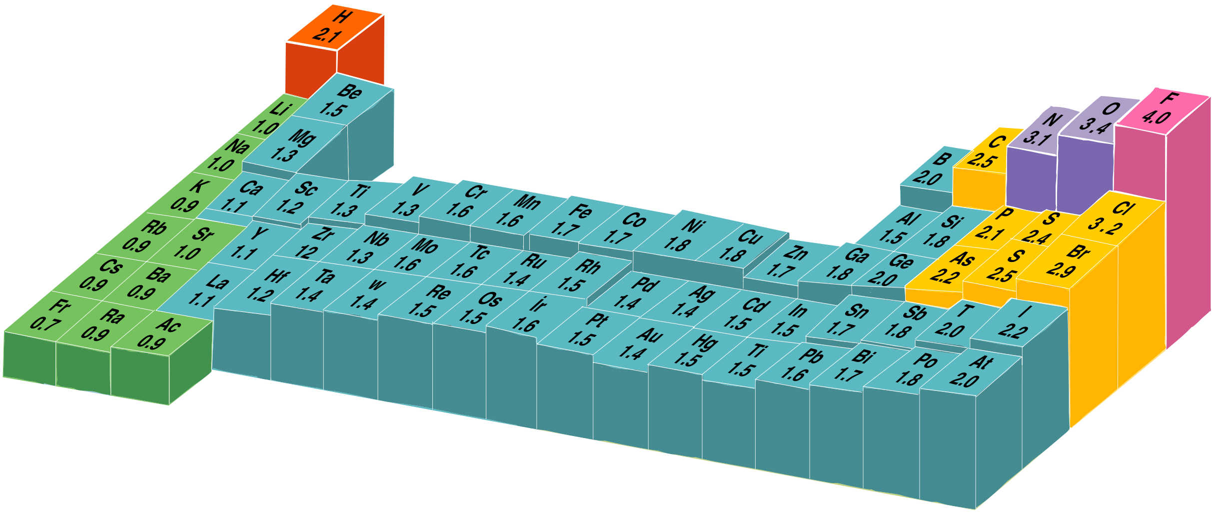
***Görsel 1.23:** Hidrojen klorür bileşiği*

HCl molekülü oluşurken hidrojen ve klor atomları birer elektronlarını ortaklaşa kullanır (Görsel 1.23). Ortaklaşa kullanılan elektronlar hangi atom tarafından daha fazla çekilir? Nedenini açıklayınız.

Elektronegatiflik, bir atomun bağdaki elektronları kendine çekme yeteneğidir. Bir başka ifadeyle elektronegatiflik, bağdaki atomların birbirine göre elektronları çekme eğiliminin bağıl büyüklüğünü gösteren sayıdır. Pauling (Paulink), elektronegatifliği bağ enerjileri ile ilişkilendiren bilim insanıdır. 7A grubundaki floru en yüksek

elektronegatifliğe (4.0), 1A grubundaki fransiyumu da en düşük elektronegatifliğe (0.7) sahip atom kabul etmiştir. Buna göre periyodik sistemde aynı periyotta sağa doğru elektronegatiflik artarken aynı grupta aşağıya doğru elektronegatiflik azalır (Tablo 1.13).

Tablo 1.13: *Periyodik Sistemde Elektronegatiflik Değişimi*



Oksit ve Hidroksit Bileşiklerinin Asitlik ve Bazlık Özelliği

Periyodik sistemdeki elementler; oksijenle tepkimeye girerek asidik oksit, bazik oksit, nötr oksit, amfoterik oksit gibi oksitleri oluşturur. Metallerin oksijenle tepkimeye girmesiyle metal oksitler oluşur. Metal oksitlerin sulu çözeltileri bazik karaktere sahip olduğu için amfoter metaller dışındaki metal oksitlere **bazik oksit** denir. Metal oksitler su ile tepkimeye girdiklerinde (Görsel 1.24) metal hidroksit bileşiklerini oluşturur. Oluşan metal hidroksit bileşiğinin suda iyonlaşma yüzdesi ne kadar yüksekse metal oksidin bazik karakteri de o kadar yüksektir.

$K_2O(k) + H_2O(s) \rightarrow 2KOH(suda)$

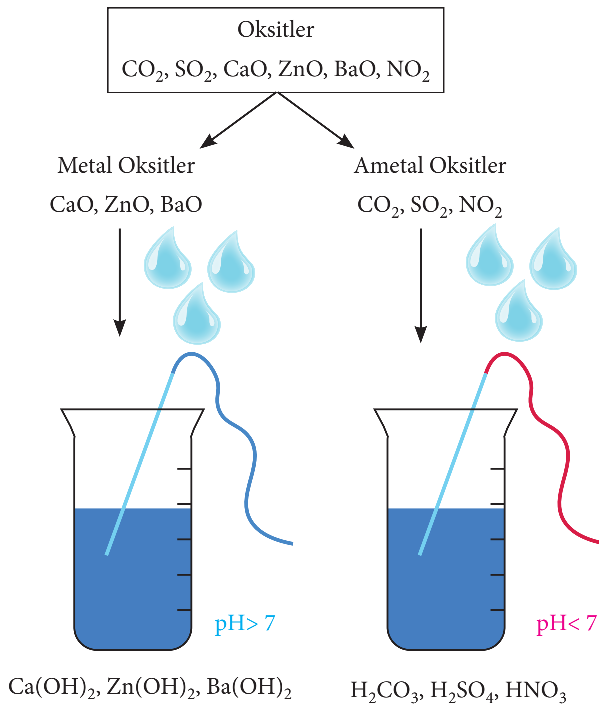
$2KOH(suda) \rightarrow 2K^+(suda) + 2OH^-(suda)$

Metallerin atom yarıçapının periyodik sistemde aynı grupta aşağıya doğru artması metal ile OH^- iyonu arasındaki etkileşimi azaltır. Böylelikle metal hidroksit bileşiği suda daha çok iyonlaşmış olur. Bu durum hidroksit bileşiklerinin bazik karakterini periyodik sistemde aynı grupta aşağıya doğru artırır.

Amfoter metaller (Be, Al, Cr, Zn, Sn, Pb) bazlara karşı asit, asitlere karşı baz gibi davranır. Amfoter metallerin oksitleri de amfoter özellik gösterir. Ametallerin oksijenle birleşmesinden ametal oksitler oluşur.

Ametal oksitler genellikle oksijence zengin (ametal atomu sayısından daha fazla oksijen atomu içeren CO_2, N_2O_5 vb.) bileşiklerdir. Ametal oksitler **asidik oksit** olarak da adlandırılabilir.

Ametal oksitler suyla tepkimeye girdiklerinde ortama H^+ iyonu vererek asidik karaktere sahip olur (Görsel 1.24).



Görsel 1.24: *Metal oksit ve ametal oksitlerin su ile tepkimeleri*

$N_2O_5(g) + H_2O(s) \rightarrow 2HNO_3(suda) \rightarrow 2H^+(suda) + 2NO_3^-(suda)$

Periyodik sistemde aynı periyotta sağa, aynı grupta yukarıya doğru asidik karakter artar.

7A grubu elementlerinin hidrojen atomuyla oluşturduğu HF, HCl, HBr, HI bileşikleri de asittir. 7A grubunda aşağıya doğru atom yarıçapı arttığından bileşikteki ametal atomu ile hidrojen arasındaki kovalent bağın gücü zayıflar. Bu durum HI asidinin suda daha fazla iyonlaşmasına neden olur. Bu nedenle 7A grubunda yukarıya doğru asidik karakter azalır.

7A grubundaki elementlerin asitlik kuvveti sıralaması HF < HCl < HBr < HI şeklindedir.

Ametal oksitlerinin genellikle oksijence fakir olanlarına (oksijen sayısı ametal atomu sayısına eşit veya daha az oksijen atomu içeren CO, NO, N_2O vb.) **nötr oksit** denir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $_9F$, $_{12}Mg$, $_{16}S$, $_{19}K$, $_{20}Ca$ atomlarının

a) Atom çapını,

b) Elektronegatifliklerini karşılaştırınız.

Çözüm

a) K > Ca > Mg > S > F

b) F > S > Mg > Ca > K

2. $_6C$, $_8O$, $_9F$, $_{15}P$ elementlerinin

a) Ametallik aktifliklerini,

b) İyonlaşma enerjilerini karşılaştırınız.

Çözüm

a) F > O > C > P

b) F > O > C > P

3. $_{18}X$, $_{19}Y$, $_{20}Z$, elementlerinden bir elektron koparılıyor. **Bir elektron daha koparılmak istenseydi en zor hangisinden koparılırdı? Nedenini açıklayınız.**

Çözüm

$_{18}X$: 8A soy gaz grubundadır. 1 elektronu koparılınca $_{18}X^{1+}$, 7A grubundaki elementin elektron dizilimine benzer.

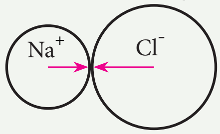
$_{19}Y$: 1A alkali metal grubundadır. 1 elektronu koparılınca $_{19}Y^{1+}$, 8A grubundaki elementin elektron dizilimine benzer. Elektron dizilimi küresel simetrik özelliğe sahip olur.

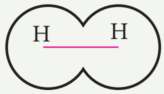
$_{20}Z$: 2A toprak alkali grubundadır. 1 elektronu koparılınca $_{20}Z^{1+}$, 1A grubundaki elementin elektron dizilimine benzer.

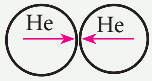
$_{19}Y$ elementinden küresel simetriden dolayı ikinci elektronu koparmak daha zordur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda farklı atom yarıçapları verilmiştir. **Atom yarıçaplarının üzerinde verilen kimyasal türlerden yararlanarak hangi atom yarıçapı (kovalent, van der Waals, iyonik) olduğunu yanlarına yazınız.**

I. 

II. 

III. 

2. **Aşağıdaki kimyasal türlerin yarıçaplarını karşılaştırınız.**

   a) $_{8}O^{2-}$, $_{8}O^{-}$

   b) $_{15}P^{3-}$, $_{15}P^{5+}$, $_{15}P$

3. **Aşağıdaki tepkimeler kaçıncı iyonlaşma enerjisine aittir? Nedenlerini açıklayınız.**

   $X(g) + İE \rightarrow X^{+}(g) + e^{-}$

   $Y^{2+}(g) + İE \rightarrow Y^{3+}(g) + e^{-}$

   $Z^{+}(g) + İE \rightarrow Z^{2+}(g) + e^{-}$

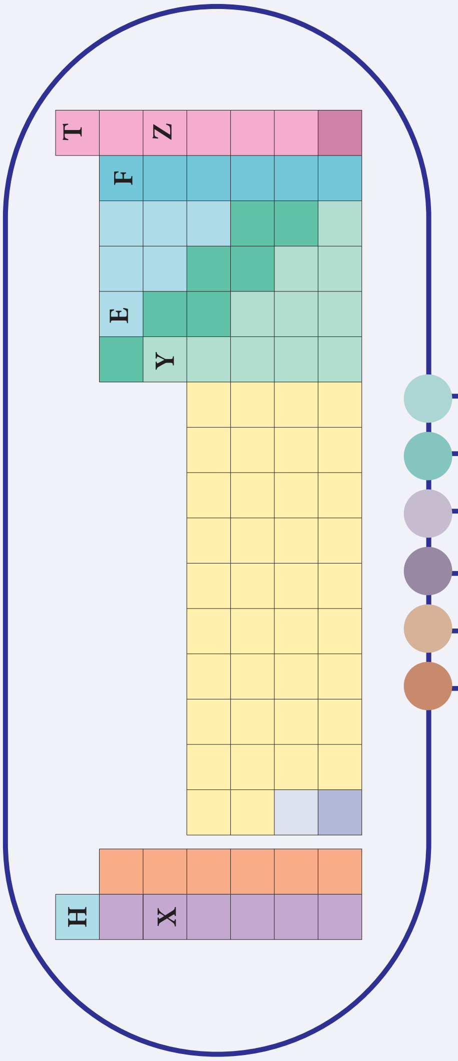
4. **N_2O_5, Al_2O_3, NO, NaOH, Na_2O, SO_3, HCl, $Mg(OH)_2$ bileşiklerini asit, baz, asidik oksit, bazik oksit, nötr oksit ve amfoter oksit olma durumlarına göre tabloya yerleştiriniz.**

Asit	Baz	Asidik Oksit	Bazik Oksit	Amfoter Oksit	Nötr Oksit

1.8. YORUM SİZDE Elementlerin Periyodik Özellikleri

Yönerge: Aşağıdaki kavram şemasından yararlanarak soruları cevaplayınız.

PERİYODİK ÖZELLİKLERDE DEĞİŞİM



1 Atom yarıçapı, atom çekirdeği ile en son katmanda bulunan elektron arasındaki uzaklıktır. Periyodik sistemde aynı grupta aşağıya, aynı periyotta sola doğru atom yarıçapı genellikle artar.

2 Elektron verme eğilimi yüksek olan elementler metallerdir. Periyodik sistemde aynı grupta aşağıya, aynı periyotta sola doğru metalik özellik artar.

3 Gaz hâlindeki nötr bir atomdan bir elektron koparmak için gerekli olan minimum enerjiye iyonlaşma enerjisi denir. İyonlaşma enerjisi periyodik sistemde aynı grupta yukarıya, aynı periyotta genellikle sağa doğru artar.

$X(g) + İE_1 \rightarrow X^+(g) + e^-$

4 Gaz hâlindeki nötr bir atomun bir elektron alması sırasındaki enerji değişimine elektron ilgisi denir. Elektron ilgisi endotermik ya da ekzotermik olabilir. Periyodik sistemde aynı grupta yukarıya, aynı periyotta sağa doğru elektron ilgisi artar.

$X(g) + e^- \rightarrow X^-(g) + \text{Enerji}$

5 Elektron alma eğilimi yüksek olan elementler ametallerdir. Periyodik sistemde aynı grupta yukarıya, aynı periyotta sağa doğru ametalik özellik artar.

6 Elektronegatiflik, bir atomun kimyasal bağdaki elektronları kendine çekme isteğidir. Periyodik sistemde aynı grupta yukarıya, aynı periyotta sağa doğru elektronegatiflik artar.

1. Örneklerin yanındaki kutucuklara kavram şemasındaki bilgilerden uygun olanın numarasını yazınız.

- ☐ Kalsiyumun son yörüngesinden elektron koparmak klor atomundan elektron koparmaktan daha kolaydır. ($_{20}Ca$, $_{17}Cl$)
- ☐ $Q(g) + 2e^- + \text{enerji kJ/mol} \longrightarrow Q^{2-}(g)$
- ☐ Al^{3+} iyonunun yarıçapı nötr alüminyum atomunun yarıçapından küçüktür.
- ☐ Cl atomu, H ile Cl arasındaki bağ elektronlarını daha çok çeker.
- ☐ Magnezyum elementi azot elementine göre ısıyı, sıcaklığı ve elektriği çok iyi iletir.
- ☐ Flor elementinin elektron alma isteği çok yüksektir.

2. Yan sayfadaki şemada verilen bilgilerden yararlanarak $_{11}A$, $_{15}B$, $_{17}C$, $_{18}D$ elementleri ile ilgili

a) Metalik aktifliği en büyük olan element hangisidir?

b) Ametalik aktifliği en büyük olan element hangisidir?

c) Atom yarıçapı en büyük element hangisidir?

3. Yan sayfadaki şema ve periyodik sistemde verilenlerden yararlanarak soruları cevaplayınız.

a) Periyodik sistemdeki atomların atom yarıçapını karşılaştırınız.

b) Periyodik sistemdeki X, Y, Z ve E atomlarının iyonlaşma enerjilerini sıralayınız.

c) Yan sayfadaki şemada verilen E, F, X ve Y atomlarının elektronegatifliğini sıralayınız.

4. BÖLÜM

1.4. ELEMENTLERİ TANIYALIM



Neleri Bilmelisiniz?

- Katman elektron diziliminden yararlanarak periyodik sistemde yer bulmayı,
- Modern periyodik sistemi,
- Elementlerin sınıflandırılmasını,
- İyon oluşumunu, anyon ve katyonu bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- s, p, d bloku elementlerinin metal/ametal karakterlerini, iyon yüklerini, aktifliklerini ve yaptıkları kimyasal bağ tipini elektron dizilimiyle ilişkilendirebilmeyi,
- f bloku elementlerinin periyodik sistemdeki konumlarıyla ilgili özel durumlarını,
- Asal gaz özelliklerini elektron dizilimleriyle ilişkilendirebilmeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

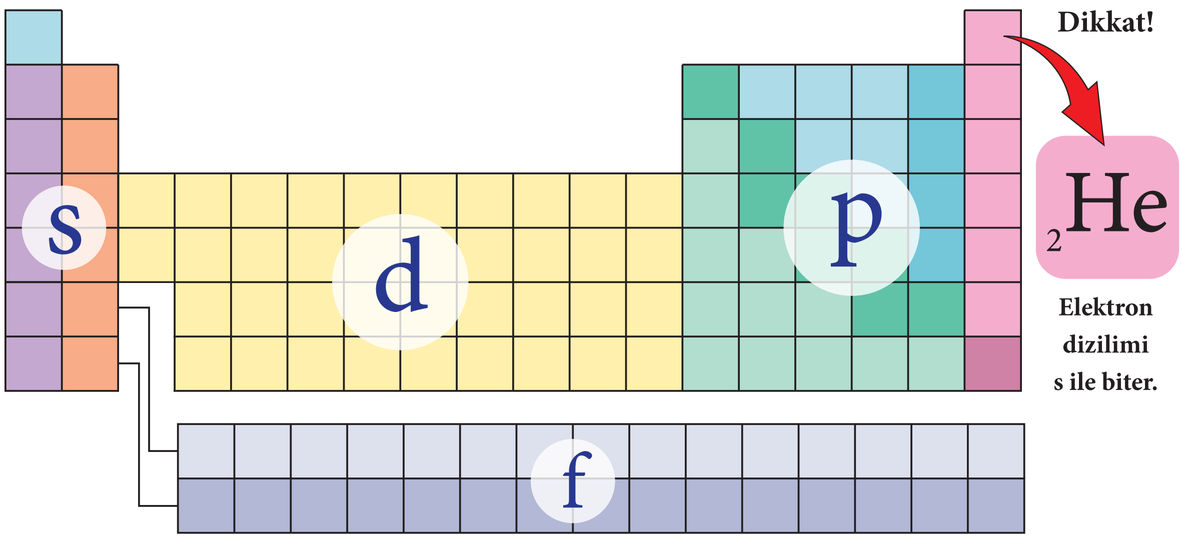
- Bakır (Cu), tel ve levha hâline getirilebilirken kükürt (S) neden getirilemez? Açıklayınız.

1.4.1. ELEMENTLERİN PERİYODİK SİSTEMDEKİ KONUMU VE ÖZELLİKLERİ

Marketlerde yiyecek ve temizlik malzemelerinin, kütüphanelerde bilim ve tarih kitaplarının, eczanelerde ağrı kesici ve ateş düşürücülerin farklı bölümlerde bulunması ve maddelerin kullanım alanlarına göre gruplandırılması hayatı kolaylaştırır.

Periyodik sistemdeki elementleri bloklar şeklinde gruplandırmanın sağlayacağı kolaylıklar neler olabilir?

Tablo 1.14: *Periyodik Sistemde s, p, d, f Bloku Elementleri*



Elementin elektron dizilimi; elementin kimyasal özelliklerini (metal/ametal karakteri, bağ türü, iyon yükü, aktifliği), periyodik sistemdeki yerleşme düzenini ve blokunu (s, p, d, f) belirler (Tablo 1.14).

Periyodik sistemde s, p, d ve f olmak üzere dört blok bulunur: Elektron dizilimi s ile bitenler s, p ile bitenler p, d ile bitenler d, f ile bitenler de f blokundadır. s ve p bloku elementleri, A grubunu; d bloku elementleri, B grubunu; f bloku elementleri, lantanit ve aktinitleri oluşturur. A grubu elementlerine **baş grup (ana grup veya temsilci) elementleri**, B grubu elementlerine **yan grup elementleri** denir.

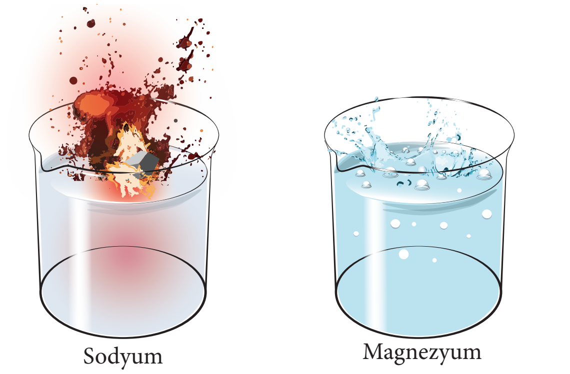
Periyodik sistemde 1. periyot dışındaki tüm periyotlar s bloku ile başlar, p bloku ile biter. Her periyotta kaç element olduğu elementlerin artan atom numarasına göre elektron dizilişleri yazılarak bulunabilir.

$1s^2$	$2s^2\ 2p^6$	$3s^2\ 3p^6$	$4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6$	$5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6$	$6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^6$	$7s^2\ 5f^{14}\ 6d^{10}\ 7p^6$
1. periyotta 2 element	2. periyotta 8 element	3. periyotta 8 element	4. periyotta 18 element	5. periyotta 18 element	6. periyotta 32 element	7. periyotta 32 element

s BLOKU ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Sodyum metali, s bloku elementlerinden biridir. Sodyumdan küçük bir parçayı su dolu bir beherin içine attığınızda sodyum suyla şiddetle tepkime vererek suyun yüzeyinde sıçramaya, alevler saçmaya başlar. 2A grubu elementlerinden olan magnezyumun suyla tepkimesi ise sodyum kadar şiddetli değildir (Görsel 1.25).

Sodyum ve magnezyumun su ile verdiği tepkimeler birbirinden neden farklıdır?



Görsel 1.25: *Sodyum ve magnezyumun su ile verdiği tepkime*

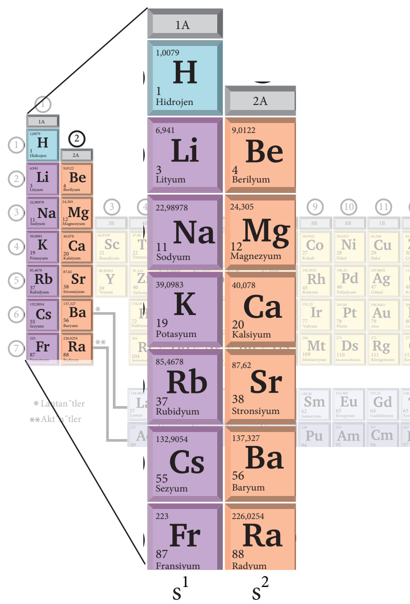
Periyodik sistemin 1A (alkali metal) ve 2A (toprak alkali metal) grubundaki elementleri, s blokundadır. Bu bloktaki elementlerin elektron dizilimleri incelendiğinde alkali metallerin ns^1, toprak alkali metallerin ns^2 ile sonlandığı görülür (Tablo 1.15).

Tablo 1.15: *s Bloku Elementlerinin Grup Numaraları, Grup Adları ve Elektron Dizilimleri*

Grup Numarası (IUPAC)	Grup Adı	Elektron Dizilimi
1	1A (Alkali metal)	ns^1
2	2A (Toprak alkali metal)	ns^2

s orbitallerinin yarı dolu ve tam dolu olması bu bloktaki elementlerin küresel simetrik yapıya sahip olmalarına neden olur. 1A ve 2A grubu elementlerinin periyodik sistemdeki aynı periyottaki diğer elementlere göre atom yarıçapları büyük, yoğunlukları düşüktür. Bu nedenle 1A ve 2A grubu elementleri hafif elementler sınıfına girer. 1A grubundaki ametal olan hidrojen dışındaki elementler tepkimeye girme eğilimleri fazla olduğu için **aktif metaller** olarak sınıflandırılır.

Tablo 1.16: *s Bloku*



Metal veya Ametal Karakteri

Elektron dizilimi ns^1 ve ns^2 ile biten s bloku elementlerinin yüzeyleri parlaktır. Hidrojen ve helyum dışındaki s bloku elementleri ısı ve elektriği iyi iletir, metallerin bütün özelliklerini gösterir. Periyodik sistemde aynı grupta aşağıya doğru metalik karakter artar. Aynı periyotta 1A grubu, 2A grubundan aktiftir.

İyon Yükü

Elektron dizilimi ns^1 şeklinde sonlanan hidrojen dışındaki alkali metaller bileşik oluştururken bir elektron vererek +1, helyum dışındaki elektron dizilimi ns^2 ile sonlanan toprak alkali metaller ise iki elektron vererek +2 iyon yükü alır (Tablo 1.16).

Hidrojenin elektron dizilimi s^1 ile sonlanır. Hidrojen; ametal olduğundan metallerle yaptığı bileşiklerde bir elektron alarak -1, ametallerle yaptığı bileşiklerde bir elektronu ortaklaşa kullanarak +1 yükseltgenme basamağına sahip olur.

Helyumun elektron dizilimi s^2 ile sonlanır. s orbitali tam dolu olduğundan elektron almaz ve vermez.

Aktiflikleri

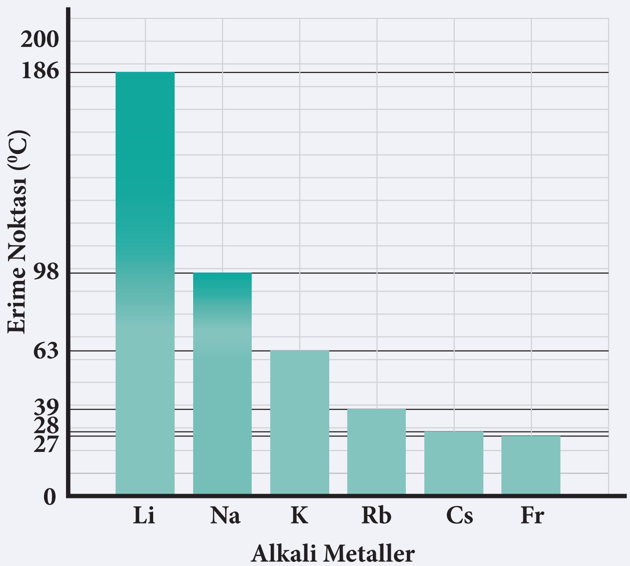
Aktiflik, elementlerin tepkimeye girme ve bileşik oluşturma eğilimidir. Metallerde elektron verme, ametallerde elektron alma eğilimi aktifliğin göstergesidir. Aynı periyotta 1A grubu, 2A grubundan daha aktiftir çünkü 1A grubunun son katmanındaki elektron sayısı 2A grubundan daha azdır. Bu nedenle 1A grubunun elektron vermesi daha kolaydır ve aktifliği de 2A grubunun aktifliğinden daha fazladır. 1A grubu, periyodik sistemin aynı periyodundaki elementlerin en aktif olanıdır. Hava, su ve ametallerle tepkime verdiği için doğada saf olarak bulunmaz. s bloku elementleri oksijen ile kolayca tepkime verdiğinden yüzeylerinde oksit tabakası meydana gelir ve parlaklıkları kaybolur. s bloku elementleri ametallerle tepkimeye girdiklerinde hidrür, karbür, sülfür, halojenür, oksit, fosfür ve nitrür bileşiklerini oluşturur. Su ile tepkimelerinde hidroksitler ve hidrojen gazı meydana gelir. s grubu elementlerinin tamamı bazik oksitleri oluşturur. Alkali metallerle diğer metallerin oksitleri asitlerle nötrleşme tepkimesi verir. s grubu elementleri çok aktif olduğundan elementlerin bazıları gaz yağında, parafinde veya vakumlu ortamda saklanır (H ve He hariç).

Bağ Tipi

s bloku elementlerinden helyum soy gaz olduğu için bağ yapmaz. Alkali ve toprak alkali metaller ametallerle iyonik bağ yapabilir. Ametal olan hidrojen metallerle iyonik, ametallerle kovalent bağ yapar.

1.9. YORUM SİZDE — Alkali Metaller

Yönerge: Aşağıdaki grafikten yararlanarak soruları cevaplayınız.



Periyodik sistemde aynı gruptaki elementlerin özellikleri genellikle belli bir oranda değişir. Yukarıdaki grafik 1A grubu elementlerinin erime noktalarını göstermektedir.

1. **Alkali metallerin erime noktaları aynı grupta aşağıya doğru nasıl değişir? Nedeniyle açıklayınız.**

2. **Fransiyumdan (Fr) sonra bir element sentezlenmiş olsaydı erime noktası yaklaşık kaç °C olurdu?**

3. **Hangi alkali metalin erime noktası 39 °C'tur?**

p BLOKU ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ



***Görsel 1.26:** Mangalda kömürün yanması*



***Görsel 1.27:** Elmas*

Isınmak ve yemek pişirmek için kullanılan kömür de (Görsel 1.26) en değerli mücevherlerden biri olan elmas da (Görsel 1.27) p bloku elementi karbondan oluşur. Havadaki oksijen ve havuzları dezenfekte etmek için kullanılan klor da p bloku elementidir.

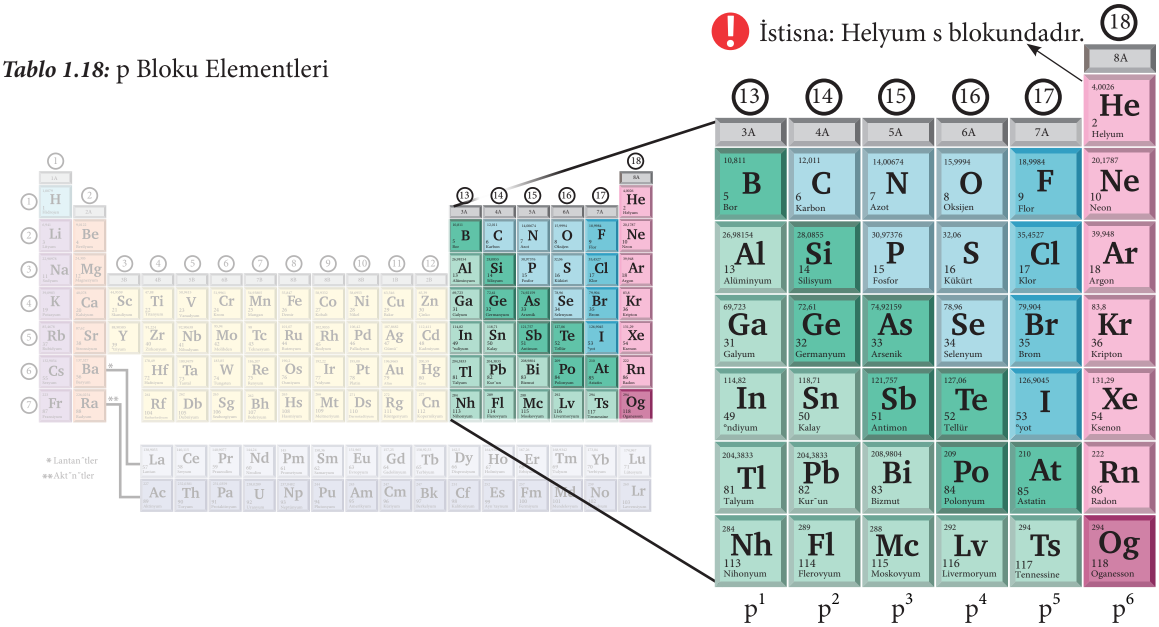
Karbon (C), alüminyum (Al), oksijen (O), klor (Cl) gibi günlük yaşamda kullanılan diğer p bloku elementleri nelerdir?

Periyodik sistemin sağında yer alan son altı sütun (13, 14, 15, 16, 17 ve 18. grup elementleri) p blokundadır (Tablo 1.17). Bu grupta bulunan nötr hâldeki elementlerin elektron diziliminde son orbital p'dir. p bloku elementleri s bloku elementleri gibi baş grup elementleridir. Sırasıyla 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8A grubu olarak adlandırılır. Temel hâl elektron dizilimine sahip olan p bloku elementlerinin değerlik orbitalleri s ve p'dir. p bloku elementlerinin değerlik elektronları $ns^2\ np^x$ (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6) dizilimi ile biter. p orbitalleri s orbitallerine göre daha yüksek enerjiye sahiptir.

***Tablo 1.17:** p Bloku Elementlerinin Grup Adları ve Elektron Dizilimleri*

Grup Numarası (IUPAC)	Grup Adı	Elektron Dizilimi
13	3A	$ns^2\ np^1$
14	4A	$ns^2\ np^2$
15	5A	$ns^2\ np^3$
16	6A	$ns^2\ np^4$
17	7A	$ns^2\ np^5$
18	8A	$ns^2\ np^6$

Tablo 1.18: p Bloku Elementleri



p bloku elementleri periyodik sistemin 13-18. grupları arasında yer alır (Tablo 1.18).

Metal veya Ametal Karakteri

p blokunda metal, yarı metal, ametal ve soy gazlar gibi çeşitli elementler bulunur (Tablo 1.19).

Tablo 1.19: *p Blokundaki Elementlerin Dağılımı*

Metaller	Al, Ga, In, Tl, Nh, Sn, Pb, Fl, Bi, Mc, Lv, Ts
Yarı Metaller	B, Si, Ge, As, Sb, Te, Po, At
Ametaller	C, N, P, O, S, Se, F, Cl, Br, I
Soy Gazlar	Ne, Ar, Kr, Xe, Rn
Diğer	Og (Elementin metalik ve ametalik özelliği henüz belirlenememiştir.)

Periyodik sistemde aynı grupta aşağıya doğru enerji düzeyi arttığından atomların yarıçapı da artar. Bu durum atomların elektron vermesini kolaylaştırırken metalik karakterin artmasına, ametalik karakterin azalmasına neden olur.

Elementlerin metalik karakteri p blokunda aşağıya doğru artarken ametalik karakteri azalır.

Elementlerin metalik karakteri p blokunda aynı periyotta sağa doğru azalırken ametalik karakteri artar (soy gazlar hariç).

18. grup 8A grubu elementleri **soy gazlar (asal gazlar)** olarak adlandırılır. Soy gazların elektron dizilimi ns^2 ve np^6 olarak sonlandığından son katmanlarındaki değerlik elektron sayıları 8'dir (helyum hariç). Soy gazlar oda koşullarında gaz hâlde bulunur. Metalik veya ametalik karakter göstermez.

BİLİYOR MUSUNUZ?

İnsan vücudunun %1'ini oluşturan fosforun insan hayatı için önemi büyüktür. Fosfor, kemik ve diş gelişiminde, sinir ve kas hareketinde gereklidir. DNA ve RNA'nın sentezinde rol oynar.

İyon Yükü

p bloku elementlerinin değerlik elektronları s ve p orbitallerinde bulunur.

3A grubu elementlerinin elektron dizilimleri ns^2 np^1 ile biter. 3A grubu elementleri değerlik orbitallerindeki 3 değerlik elektronunu vererek +3 yüklü iyon oluşturur (Tl hariç). Grupta aşağıya doğru +1 yük alma eğilimi artar. Bunun nedeni elementlerin p orbitalindeki tek elektronu vermesidir.

4A grubu elementlerinin elektron dizilimleri ns^2 np^2 ile sonlanır. 4A grubu elementleri değerlik orbitallerindeki 4 değerlik elektronunu vererek +4 yüklü iyon oluşturur. Element p orbitalindeki 2 elektronu verirse +2 yüklü iyon oluşur. Karbon ametaldir, -4 ile +4 arasında değerler alabilir. Karbonun en kararlı hâli 4 elektron alarak oktet kararlılığına ulaştığı hâldir.

5A grubu elementlerinin elektron dizilimleri ns^2 np^3 ile biter. Elementler değerlik orbitallerindeki 5 değerlik elektronunu vererek +5 yüklü iyon, p orbitalindeki 3 elektronu vererek +3 yüklü iyon oluşturur. Azot ve fosfor ametalik özellik gösterir, 3 elektron alarak -3 iyon yüküne sahip olabilir.

6A grubu elementlerinin elektron dizilimleri ns^2 np^4 ile sonlanır. 6A grubu elementleri genellikle 2 elektron alarak -2 iyon yüküne sahip olur. Gruptaki elementler aşağıya doğru +6, +4, +2 iyon yükünü alabilir. Oksijenin iyonik ve kovalent bileşiklerinde yükseltgenme basamağı -2'dir ancak florla yaptığı OF_2 kovalent bileşiğinde +2, H_2O_2 gibi peroksitlerde -1'dir.

7A grubu elementlerinin elektron dizilimleri ns^2 np^5 ile biter. 7A grubu elementleri genellikle 1 elektron alarak -1 iyon yüküne sahip olur. Flor hariç tüm elementler -1 ile +7 arasında iyon yükü alır. Elektronegatifliği en yüksek element olan flor en aktif ametaldir ve tüm bileşiklerinde -1 iyon yükü alır.

8A grubundaki soy gazların elektron dizilimleri ns^2 np^6 ile sonlanır (helyum hariç). Son katmandaki değerlik orbitalleri tam doludur. 8A grubundaki soy gazlar kararlı yapıya sahiptir, elektron ilgileri yoktur, elektron alma veya verme eğilimi göstermezler. Neonun bileşiği yoktur. Neondan sonraki soy gazlar çok özel koşullarda bileşik oluşturabilir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Amfoter maddeler asidik ortamda baz, bazik ortamda asit gibi davranan maddelerdir. Oksit ve hidroksitleri, asidik ve bazik karakterleri bir arada taşır.

Aktiflikleri

Periyodik sistemde aynı grupta aşağıya doğru metalik aktiflik artarken ametalik aktiflik azalır. Aynı periyotta sağa doğru metalik aktiflik azalırken ametalik aktiflik artar.

3A grubu (Toprak metalleri B ile başlar.) 13. grup elementleridir. Elementlerin aktifliği s bloku elementlerine göre daha azdır. 3A grubunun metal aktifliği aynı grupta aşağıya doğru artar.

4A grubu (C ile başlar.) 14. grup elementleridir. Elementlerin aynı grupta aşağıya doğru atom yarıçapı artar. Çekirdeğin değerlik elektronlarına uyguladığı çekim kuvveti azaldığı için 4A grubu elementlerinin elektron verme eğilimi ve metalik özelliği artar, ametalik özelliği azalır. 4A grubunun metal aktifliği aynı grupta aşağıya doğru artar.

5A grubu (N ile başlar.) 15. grup elementleridir. Grupta azot ve fosfor ametal, arsenik ve antimon yarı metal, bizmut ise metal olduğundan aktifliklerinde farklılık görülür. Örneğin bizmutun aktifliği kendinden önceki gruplarda yer alan metallerden daha azdır.

6A grubu [Kalkojenler (O ile başlar.)] 16. grup elementleridir. Kalkojenler soy gazlara yakın olduğu için kararlı olma ve elektron alma eğilimi gösterir, ametalik aktiflikleri yüksektir.

7A grubu [Halojenler (F ile başlar.)] 17. grup elementleridir. İyonlaşma enerjileri ve elektron ilgileri çok yüksek olduğu için bileşikleri hâlinde bulunur. Halojenlerin hidrojenli bileşikleri asitleri (HF, HCl, HBr, HI), oksijenli bileşikleri oksitleri oluşturur. Halojenler metallerle tuz bileşikleri, ametallerle ve kendi aralarında moleküler yapılı bileşikler oluşturur. Astetin (At) dışındaki halojenler doğada tuz hâlinde bulunur.

Aktiflikleri grupta yukarıya doğru artan 7A grubu elementleri, p blokunun en aktif ametalleridir. Ametallerin en aktifi flordur. Flor, soy gazlar hariç bütün elementlerle tepkime verebilir.

Bağ Tipi

p bloku metalleri ametallerle iyonik bağ oluştururken ametalleri kendi aralarında veya diğer ametallerle kovalent bağ oluşturur. Bloktaki yarı metaller iyonik veya kovalent bağ oluşturabilir. Soy gazlar genellikle kimyasal bağ oluşturmaz ancak bazı soy gazlar özel koşullarda bağ yapabilir.

d BLOKU ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

d bloku elementleri geçiş metalleri olarak adlandırılır ve sahip oldukları özellikler nedeniyle yaşantımızda büyük bir öneme sahiptir. Bilgisayarlarda, çalışma koltuklarının tekerleklerindeki rulmanlarda, çelik köprülerde vb. geçiş metallerinden yapılan alaşımlar bulunur. İnsan vücudunda da d bloku elementlerinden bazıları bulunur ve bu elementlerin çeşitli işlevleri vardır. Örneğin demir, oksijeni beyne ve kaslara taşıyan hemoglobin molekülünün yapısına katılır. İnsanların ihtiyaç duyduğu B12 vitamininin bileşeni kobalt da bir geçiş metalidir.

Kullanım alanı bu kadar geniş olan geçiş metalleri olmasaydı yaşam nasıl olurdu? Açıklayınız.

d bloku, elektron dizilimleri d orbitaliyle sonlanan elementlerden oluşur. 10 sütundur. d bloku elementlerinden 3d ve 4d s ile p bloku arasında, 5d ve 6d f ile p bloku arasında bulunur. d bloku elementlerinin elektron dizilimleri $ns^2 (n-1)d^x$ ile sonlanır (Tablo 1.20).

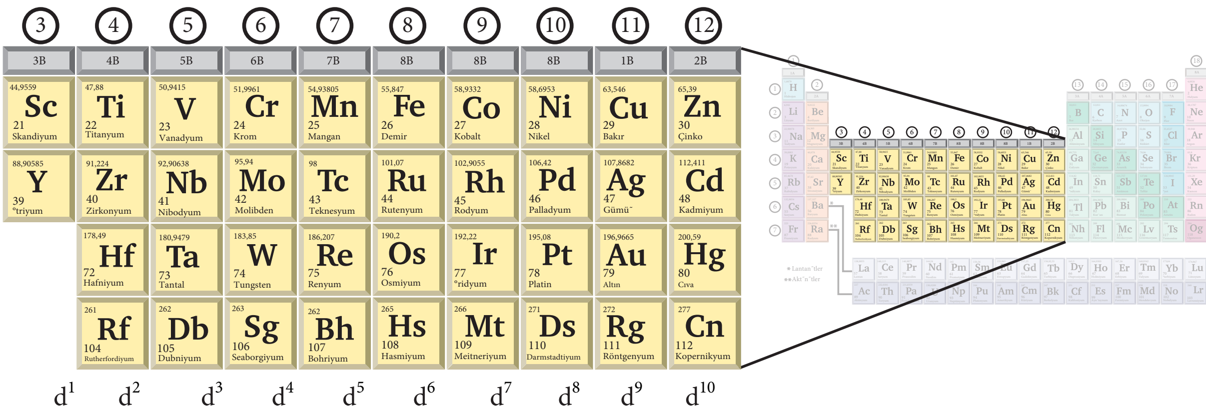
***Tablo 1.20:** d Bloku Elementlerinin Grup Adları ve Elektron Dizilimleri*

Grup Numarası (IUPAC)	Grup Adı	Elektron Dizilimi
3	3B	$ns^2(n-1)d^1$
4	4B	$ns^2(n-1)d^2$
5	5B	$ns^2(n-1)d^3$
6	6B	$ns^1(n-1)d^5$
7	7B	$ns^2(n-1)d^5$
8	8B	$ns^2(n-1)d^6$
9	8B	$ns^2(n-1)d^7$
10	8B	$ns^2(n-1)d^8$
11	1B	$ns^1(n-1)d^{10}$
12	2B	$ns^2(n-1)d^{10}$

d bloku elementleri 3. grupla başlayıp 12. grupla sonlanır.

Geçiş elementleri (Tablo 1.21) periyodik sistemde 4. periyotta 21. elementle başlar, 112. elementle sonlanır. En fazla elementin bulunduğu blok d blokudur. Geçiş elementleri özkütleleri büyük olan elementlerdir ve **ağır metaller** olarak adlandırılır.

***Tablo 1.21:** 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 1B ve 2B Grubu (d bloku) Elementleri*



Metal veya Ametal Karakteri

d bloku elementlerinin tamamı metalik karakterdedir. Elementlerin d blokunda aynı periyotta sağa, aynı grupta aşağıya doğru metalik karakteri artar. Geçiş metalleri erime ve kaynama noktası yüksek olan, ısı ve elektriği iyi ileten elementlerdir. En iyi iletkenler bakır (Cu), altın (Au) ve gümüş (Ag) elementleridir.

Geçiş metalleri birbirinden farklı özellik gösterir. Altın, bakır ve gümüş gibi metaller rahatlıkla tel ve levha hâline getirilip işlenebilirken kobalt gibi bazı metaller daha zor işlenir.

İyon Yükü

Geçiş metallerinin genellikle elektron dizilimleri ns^2 (n-1) d^x ile sonlanır. Geçiş metalleri önce son katmanın ns orbitalindeki elektronlarını, sonra bir alt katmanın (n-1) d orbitalindeki elektronlarını verir.

d blokundaki B grubu elementleri bileşiklerinde birden fazla iyon yükü alabilir (Tablo 1.22).

Tablo 1.22: *Bazı d Bloku Elementlerinin Aldıkları İyon Yükleri ve İyonları*

Element	İyon Yükleri	İyon
Bakır (Cu)	+1,+2	Cu^{1+}, Cu^{2+}
Cıva (Hg)	+1,+2	Hg^{1+},Hg^{2+}
Demir (Fe)	+2,+3	Fe^{2+}, Fe^{3+}
Kalay (Sn)	+2,+4	Sn^{2+}, Sn^{4+}

Aktiflikleri

Au, Pt, Cu, Ag, Hg dışındaki geçiş metalleri aktif metallerdir. Au ve Pt soy metal; Cu, Ag, Hg ise yarı soy metallerdir. Bu beş elemente **pasif metaller** denir.

Doğada serbest hâlde bulunan yarı soy metaller (Cu, Ag, Hg) H_2SO_4 ve HNO_3 gibi kuvvetli ve oksijenli asitler ile tepkime verir. Soy metaller (Au, Pt) asitlerle tepkime vermez, sadece kral suyu adı verilen 3 hacim hidroklorik asit (HCl) ve 1 hacim nitrik asitten (HNO_3) oluşan özel bir karışım ile tepkime verir. Aktif metaller asitlerle tepkimeye girer. Aktif metallerin asitlerle tepkimesi sonucu hidrojen gazı açığa çıkar.

Bağ Tipi

Geçiş metallerinin atomları arasında metalik bağlar bulunur. Metalik bağ d bloku metallerini bir arada tutan güçlü etkileşimlerdir.

Geçiş metalleri yarı dolu d orbitalleri kullanarak kovalent karakter gösterebilir. Kovalent karakter yarı dolu orbital sayısı ile doğru orantılıdır.

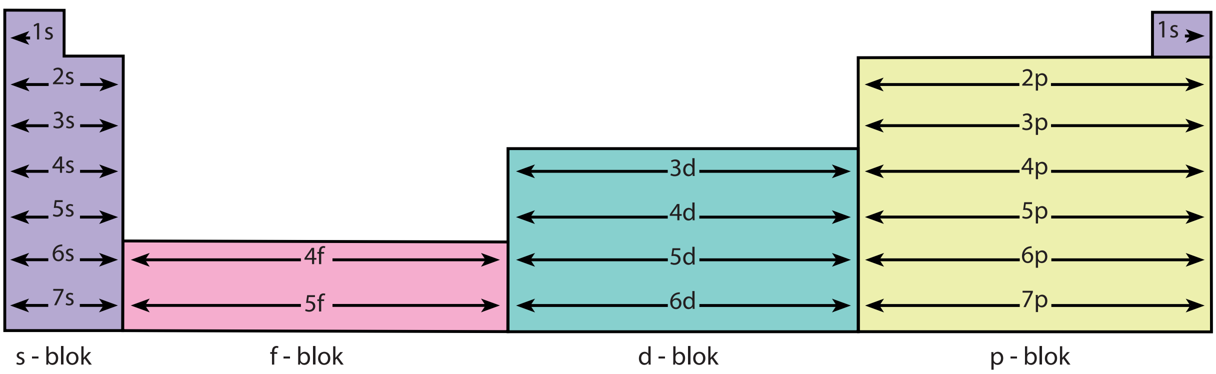
BİLİYOR MUSUNUZ?

İslam dünyasında kimyaya geçiş sürecine katkı sağlayan bilim insanı Câbir bin Hayyan kimya, fizik, mühendislik ve astronomi alanında çalışmalar yapmıştır. Câbir bin Hayyan, atomun parçalanabileceğini söylemiş ayrıca sülfürik asit, hidrojen klorür ve kral suyunu elde etmiştir.

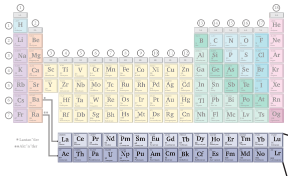
f BLOKU ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Elektron dizilimi f orbitaliyle sonlanan elementlerden oluşan bloktur. f bloku elementleri; 6 ve 7. periyotta, 2A grubu ile 3B grubu arasında iki sıra hâlinde yer alır. s bloku ile d bloku elementleri arasındadır. Tablo 1.23'te görüldüğü gibi periyodik sistemde f bloku elementlerinin olması gereken yerde gösterilmesi periyodik sistemin geniş çizilmesine neden olur.

Tablo 1.23: *Periyodik Sistemde Bloklar*



Tablo 1.24: f Bloku Elementleri



Geniş görünümü engellemek için f bloku periyodik sistemin alt kısmında ayrı bir blok hâlinde gösterilir (Tablo1.24). f bloku elementlerine, **iç geçiş elementleri** veya **iç geçiş metalleri** adı verilir. 1. yatay sıra atom numarası 57 olan lantanla (La) başlar. 14 elementten oluşan bu sıraya **lantanitler** denir. 2. yatay sıra atom numarası 89 olan aktinyum (Ac) ile başlar. 14 elementten oluşan bu sıraya da **aktinitler** denir.

138,9055 La 57 Lantan	140,115 Ce 58 Seryum	140,9077 Pr 59 Praseodim	144,24 Nd 60 Neodim	145 Pm 61 Prometyum	150,36 Sm 62 Samaryum	151,965 Eu 63 Evropyum
227 Ac 89 Aktinyum	232,0381 Th 90 Toryum	231,0359 Pa 91 Protaktinyum	238,0289 U 92 Uranyum	237,0482 Np 93 Neptünyum	244 Pu 94 Plutonyum	243 Am 95 Amerikyum
f^1	f^2	f^3	f^4	f^5	f^6	f^7

157,25 Gd 64 Gadolinyum	158,92,53 Tb 65 Terbiyum	162,5 Dy 66 Disprosiyum	164,9303 Ho 67 Holmiyum	167,26 Er 68 Erbiyum	168,9342 Tm 69 Tulyum	173,04 Yb 70 °terbiyum	174,967 Lu 71 Lütesyum
247 Cm 96 Küriyum	247 Bk 97 Berkelyum	251 Cf 98 Kalifoniyum	252 Es 99 Ayn˜taynum	257 Fm 100 Fermiyum	258 Md 101 Mendelevyum	259 No 102 Nobelyum	260 Lr 103 Lavrensiyum
f^8	f^9	f^{10}	f^{11}	f^{12}	f^{13}	f^{14}	

f bloku elementlerinin renkleri gümüşe benzer. Aktinitlerin tamamı ve lantanitlerden prometyum (Pm) radyoaktif özelliğe sahiptir.

f bloku elementlerinde f orbitalleri dolmadan s ve d orbitalleri dolduğu için elektron dizilimi Aufbau Prensibi'ne uymaz.

Metal veya Ametal Karakteri

f bloku elementleri, erime ve kaynama noktaları yüksek olan, ısı ve elektriği iyi ileten elementlerdir.

İyon Yükü

f bloku elementlerinin kimyasal özellikleri birbirine benzer. f bloku elementleri bileşiklerinde genellikle +3 iyon yüküne sahiptir.

Aktiflikleri

Lantanitler ve aktinitler yüksek atom yoğunluğuna sahip, iyonlaşma enerjileri oldukça düşük, aktif elementlerdir.

Bağ Tipi

Geçiş metalleri metallerin bütün özelliklerini gösterdiğinden bağ tipi iyonik karakter gösterir.

SOY GAZLAR (ASAL GAZLAR)



Görsel 1.28: *Neon ışık*



Görsel 1.29: *Sıcak hava balonu*

Soy gaz olan neon, adını Yunancada "yeni" anlamına gelen neos (neyos) kelimesinden alır. Doğada atmosferde ve kayaçların içinde hapsolmuş şekilde bulunur. Neonun bileşiği yoktur. Neon, yıldırımsavarlarda, dalış ekipmanlarında, lazerlerde kullanılır. En yaygın kullanım alanı da reklam panolarıdır. Vakumlanmış tüplere doldurulan neon, kırmızımsı turuncu bir ışık yayar (Görsel 1.28). Neon gazı ayrıca lazer gösterilerinde, kriyojenik soğutucularda, televizyon tüplerinde ve hava balonlarında (Görsel 1.29) kullanılır.

Neonun hava balonlarında kullanılmasının nedeni ne olabilir?

Periyodik sistemde 8A grubu elementlerine **soy gazlar (asal gazlar)** denir. Bu gruptaki elementler sırasıyla helyum (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), ksenon (Xe) ve radondur (Rn). Grubun sonundaki oganesson (Og) elementi yapay elementtir (Tablo 1.25). Radon ve oganesson radyoaktiftir.

Helyumun (He) elektron dizilimindeki değerlik orbitali s, değerlik elektron sayısı 2'dir. Gruptaki diğer elementlerin elektron dizilimindeki değerlik orbitalleri s ve p, değerlik elektron sayıları 8'dir. Soy gazların değerlik orbitalleri tam doludur. Tüm soy gazlar küresel simetri özelliği gösteren kararlı elementlerdir. Bu nedenle soy gazlardan elektron koparmak zordur. Soy gazların iyonlaşma enerjileri aynı periyottaki diğer grup elementlerinden daha yüksektir.

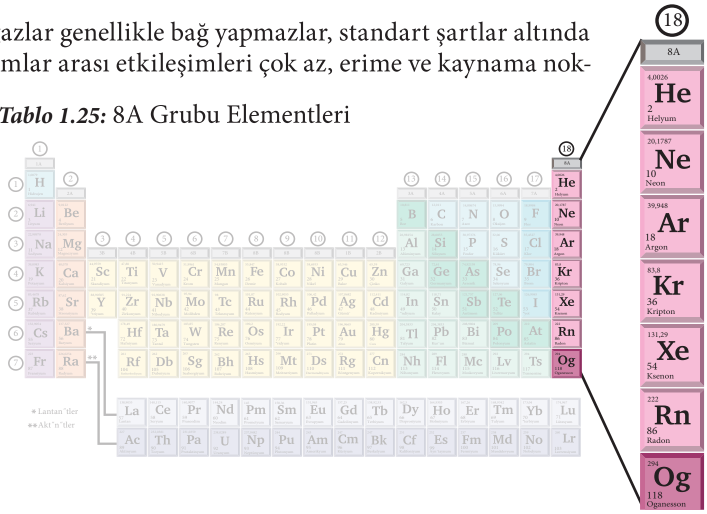
Soy gazların kimyasal aktiflikleri yoktur. Soy gazlar genellikle bağ yapmazlar, standart şartlar altında ideal gaza çok yakın gazlardır. Soy gazların atomlar arası etkileşimleri çok az, erime ve kaynama noktaları çok düşüktür.

Normal şartlarda soy gazlar bileşik oluşturmaz. Özel şartlarda Ar, Kr, Xe, Rn elementlerinin bileşikleri sentezlenmiştir.

Helyum gazı uçan balonlarda, neon gazı aydınlatmada (neon lambalar), argon gazı çelik endüstrisinde, radon gazı depremlerin önceden belirlenmesinde kullanılabilir.

Soy gazların yoğun fazlarında (katı ve sıvı) London kuvvetleri vardır.

Tablo 1.25: 8A Grubu Elementleri



ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **Aşağıdaki atomların elektron dizilimlerini ve periyodik sistemdeki bloklarını yazınız.**

   $_{11}Na$:

   $_{26}Fe$:

   $_{17}Cl$:

2. Yandaki grafik elementlerin yer kabuğundaki oranlarını (yüzdelerini) göstermektedir ($_{12}Mg$, $_{19}K$, $_{11}Na$, $_{20}Ca$, $_{26}Fe$, $_{13}Al$).

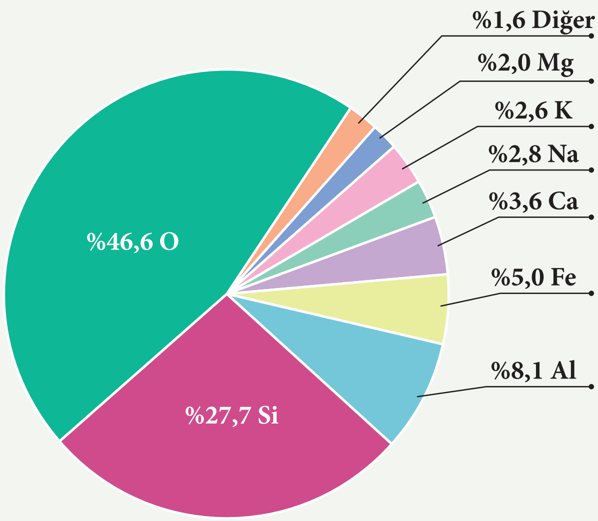
   "Diğer" kategorisini (%1,6) değerlendirme dışında tutarak aşağıda istenenleri yazınız.

   a) Alkali metaller:

   b) Toprak alkali metaller:

   c) p bloku elementi:

   ç) d bloku elementi:



1.10. YORUM SİZDE Karbon Ayak İzi

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Yeşil Mutabakat [Green Deal (Grîn Diyıl)] Çağrısı Yayımlandı

Ufuk 2020 Programı Yeşil Mutabakat (Green Deal) Çağrısı, 2050 yılına kadar Avrupa kıtasında iklimi nötr hâle getirme konusundaki genel hedefi ile bir dizi derinden dönüştürücü politikalar tasarlamayı, Ar-Ge ve yenilik projeleri yoluyla bu hedeflere katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Eylül ayında Ufuk 2020 kapsamında yayınlanmış olan Avrupa Yeşil Düzeni Çağrısı (European Green Deal Call), AB'nin 2050 yılına kadar karbonsuz ekonomiye geçişini hedefleyen girişimdir.

Çağrıda 11 alt alanda toplamda 20 konu başlığı bulunmaktadır.

Çağrı Alanları

- İklim değişikliği ile mücadele
- Temiz, erişilebilir ve güvenli enerji
- Temiz, döngüsel ekonomi için sanayi
- Enerji ve kaynak verimliliği sağlanmış binalar
- Sürdürülebilir ve akıllı hareketlilik/ulaşım
- Tarladan sofraya tarım
- Ekosistem ve biyoçeşitlilik
- Sıfır kirlilik, toksiklerden arınmış çevre
- Avrupa Araştırma Alt Yapıları'na destek için bilginin güçlendirilmesi
- Vatandaşların sürdürülebilir ve iklim değişikliğinden arındırılmış bir Avrupa'ya geçiş için hazırlanması
- Uluslararası iş birliği

1. **Yeşil mutabakat çağrısının hedefleri nelerdir?**

2. **AB'nin karbonsuz ekonomiye geçiş kapsamında belirlediği alanlar nelerdir?**

3. **Karbon ayak izi konusunda bildiklerinizi arkadaşlarınızla tartışınız.**

4. **Bir işletme sahibi olsaydınız çevreye vereceğiniz zararı ve karbon ayak izini minimuma indirmek için neler yapardınız?**

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $_{19}K$, $_{8}O$, $_{10}Ne$, $_{27}Co$ **atomları ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplandırınız.**

a) Atomların elektron dizilimini yazınız.

b) Hangi blokta yer aldıklarını bulunuz.

c) Periyodik sistemdeki yerlerini bulunuz.

ç) Hangi bağları yapabileceklerini açıklayınız.

d) Bileşiklerinde alabildikleri iyon yüklerini yazınız.

e) Metalik aktifliklerini küçükten büyüğe doğru sıralayınız.

2. Aşağıda bazı elementler ve temsilî harfleri verilmiştir. **Verilen bilgilerden yararlanarak bulundukları blok adını ve karşılık gelen harfleri (X, Y, Z, T, U) tablodaki boşluklara yazınız.**

$_{20}Ca$, $_{58}Ce$, $_{16}S$, $_{35}Br$, $_{23}V$

X: Atom numarası 16'dır.

Y: Soy gazlardan bir önceki grupta yer alır.

Z: Son katmanındaki değerlik elektron sayısı 2'dir.

T: Elektriği iyi iletir. +1 ve +2 iyon yükü alabilir.

U: Lantanitler olarak adlandırılan sıradadır.

Element	Karşılık Gelen Harf	Blok Adı
$_{20}Ca$		
$_{58}Ce$		
$_{16}S$		
$_{35}Br$		
$_{29}Cu$		

3. Aşağıdaki özelliklerden yararlanarak aynı periyotta yer alan A, B, C, D elementlerini atom numaralarına göre büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

A: Geçiş metalidir.

B: Bileşiklerinde genelde -2 iyon yükü alır.

C: Son katmanındaki orbitaller tam doludur.

D: Toprak alkali metalidir.



5. BÖLÜM

1.5. YÜKSELTGENME BASAMAKLARI

Neleri Bilmelisiniz?

- İyon yükünü,
- Katyon oluşumunu,
- Anyon oluşumunu,
- Periyodik sistemdeki blokları ve elektron dizilimlerini bilmelisiniz.

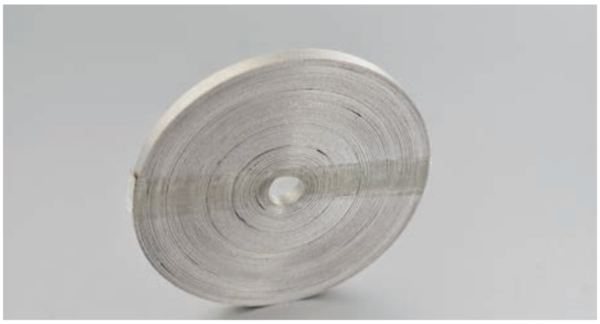
Neleri Öğreneceksiniz?

- Ametallerin anyon hâlindeki yükleriyle yükseltgenme basamakları arasındaki farkı örneklendirebilmeyi,
- d bloku elementlerinin birden çok yükseltgenme basamağında bulunabilmelerini elektron dizilimleriyle ilişkilendirebilmeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- Kesilen elmanın bir süre sonra kararmasının nedeni ne olabilir?
- "İşleyen demir pas tutmaz." atasözünden hareketle işleyen demir gerçekten pas tutmaz mı? Arkadaşlarınızla tartışınız.

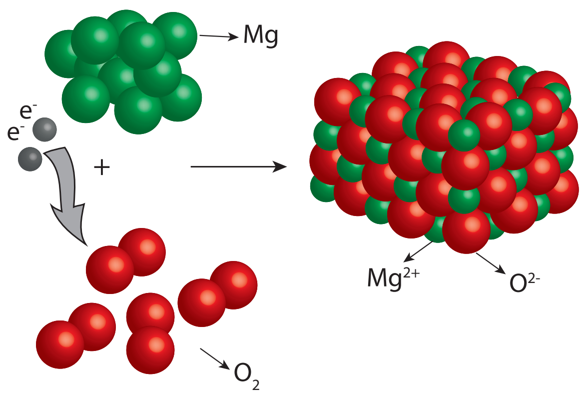
1.5.1. YÜKSELTGENME BASAMAKLARI VE ELEKTRON DİZİLİMLERİ



Görsel 1.30: *Magnezyum şerit*



Görsel 1.31 : *Magnezyum şeridin yanması*



Görsel 1.32: *Magnezyumun yanma tepkimesi*

MgO gibi iyonik bileşiklerde kullanılan iyon yükü kavramı HCl, SO_2 gibi kovalent bağlı bileşikler için neden kullanılmaz? Arkadaşlarınızla tartışınız.

Magnezyum şerit (Görsel 1.30) parlak bir alevle yanarak (Görsel 1.31) beyaz bir toz olan magnezyum oksit katısını oluşturur. Bu tepkimenin temsilî gösterimi Görsel 1.32'de verilmiştir. Temsilî olarak verilen bu tepkimeyi yorumlayınız.

MgO gibi iyonik bileşiklerde, elektron aktarımı söz konusudur. Metal-ametalden oluşan iyonik bileşiklerde iyonik bağ elektron alışverişiyle oluştuğu için bileşikteki iyonlar net bir yüke sahiptir. HCI, SO_2 gibi ametal-ametal atomlardan oluşan kovalent bağlı bileşiklerde kovalent bağ elektron ortaklaşması ile oluştuğundan atomlar farklı yüklerdedir. Örneğin ClO_2, ClO_3, ClF_3, ClF_5 moleküllerindeki Cl atomlarının sırasıyla +4, +6, +3 ve +5 yüklü iyonlarını elektron vermiş iyon olarak değerlendirmek doğru olmaz. Bu tür bileşiklerde yükseltgenme basamağı kullanılır. **Yükseltgenme basamağı** (yükseltgenme sayısı) bir atomun moleküldeki veya iyonik bileşikteki yük sayısıdır. Yükseltgenme basamakları elementlerin yükseltgendiğinin veya indirgendiğinin anlaşılmasını sağlar.

Yükseltgenme basamaklarını bulmak için aşağıdaki kuralların bilinmesi gerekir.

1. Serbest hâldeki elementlerin (Na, Ca, Al, Br_2, O_2, S_8 vb.) yükseltgenme basamağı sıfırdır.

2. Nötr molekülde atomların yükseltgenme basamakları toplamı sıfırdır. Örneğin ClO_3 bileşiğindeki atomların yükseltgenme basamakları toplamı 0'dır. Oksijenden gelen yük $3 \cdot (-2) = -6$'dır. Toplam yükün 0 olması için klorun yükseltgenme basamağı da +6 olmalıdır.

3. Tek atomlu iyonlarda yükseltgenme basamağı iyon yüküne eşittir. Örneğin Cl^- iyonu için yükseltgenme basamağı -1, Ba^{2+} iyonu için +2'dir.

4. Çok atomlu iyonlarda atomların yükseltgenme basamakları toplamı iyon yüküne eşittir. Örneğin PO_4^{3-} iyonundaki atomların yükseltgenme basamakları toplamı -3'tür. Oksijenin yükseltgenme basamağı -2'dir. Oksijenden gelen yük $4 \cdot (-2) = -8$'dir. Toplam yükün -3 olabilmesi için P atomunun yükseltgenme basamağı +5 olmalıdır.

5. Yükseltgenme basamağı, atomların elektron dizilimleri ile ilgilidir. Elektron dizilimi ns^1 ile biten alkali metaller (1A grubu elementleri Li, Na, K, Rb, Cs ve Fr), bileşiklerinde +1 yükseltgenme basamağına sahiptir.

6. 1A grubundaki hidrojenin yükseltgenme basamağı, bileşiklerinde genellikle +1'dir. Hidrojenin bir metale doğrudan bağlı olduğu durumlarda (LiH, NaH ve CaH_2 olduğu gibi) yükseltgenme basamağı -1'dir.

7. Elektron dizilimi ns^2 ile biten toprak alkali metallerin (2A grubu) bileşiklerindeki yükseltgenme basamağı +2'dir.

8. Elektron dizilimi ns^2 np^1 ile biten toprak metallerin (3A grubu) bileşiklerindeki yükseltgenme basamağı +3'tür (Tl hariç).

9. Elektron dizilimi ns^2 np^2 ile biten 4A grubu elementlerinden ametaller ve yarı metaller değerlik elektronlarının tamamını vererek +4 ya da 4 elektron alarak -4 yükseltgenme basamağına sahip olabilir. +4 ile -4 arasındaki bir yükseltgenme basamağı değerini de alabilir.

10. Elektron dizilimi ns^2 np^3 ile biten 5A grubu elementleri, değerlik elektronlarının tamamını vererek +5 ya da 3 elektron alarak -3 yükseltgenme basamağına sahip olabilir. +5 ile -3 arasındaki bir yükseltgenme basamağı değerini de alabilir.

11. Elektron dizilimi ns^2 np^4 ile biten 6A grubu elementleri, değerlik elektronlarının tamamını vererek +6 ya da 2 elektron alarak -2 yükseltgenme basamağına sahip olabilir. +6 ile -2 arasındaki bir yükseltgenme basamağı değerini de alabilir. Oksijenin yükseltgenme basamağı genellikle -2'dir. Peroksit, süper oksit (oksijenin 1A ve 2A gruplarıyla yaptığı bileşiklerde) bileşiklerinde yükseltgenme basamağı -1; OF_2 gibi O-F bağı içeren bileşiklerde ise yükseltgenme basamağı +2'dir.

12. Elektron dizilimi ns^2 np^5 ile biten 7A grubu elementleri, değerlik elektronlarının tamamını vererek +7 ya da 1 elektron alarak -1 yükseltgenme basamağına sahip olabilir. +7 ile -1 arasındaki bir yükseltgenme basamağı değerini de alabilir ancak florun bütün bileşiklerindeki yükseltgenme basamağı değeri -1'dir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Fosfor ($_{15}P$) atomunun elektron dizilimini yazarak, olası yükseltgenme basamaklarını belirtiniz.

Çözüm

$_{15}P$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$

P atomu, n = 3 katmanındaki değerlik elektronlarını veren veya son katmanına 3 elektron alarak sayısını 8 elektrona (oktet) tamamlayan bir ametaldir. P atomunun bileşik yaptığı element atomu P atomundan daha elektronegatif bir atom olursa P atomu önce p orbitalindeki 3 elektronunu vererek +3 veya dış katmandaki 5 değerlik elektronunun tamamını vererek +5 yükseltgenme basamağında olabilir. P atomu kendisinden daha az elektronegatifliğe sahip bir atomla bağlanıyorsa 3 elektron alarak -3 yükseltgenme basamağına sahip olur.

2. Aşağıda verilen bileşiklerdeki azot atomunun yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

a) NO_2

b) Mg_3N_2

c) HNO_3

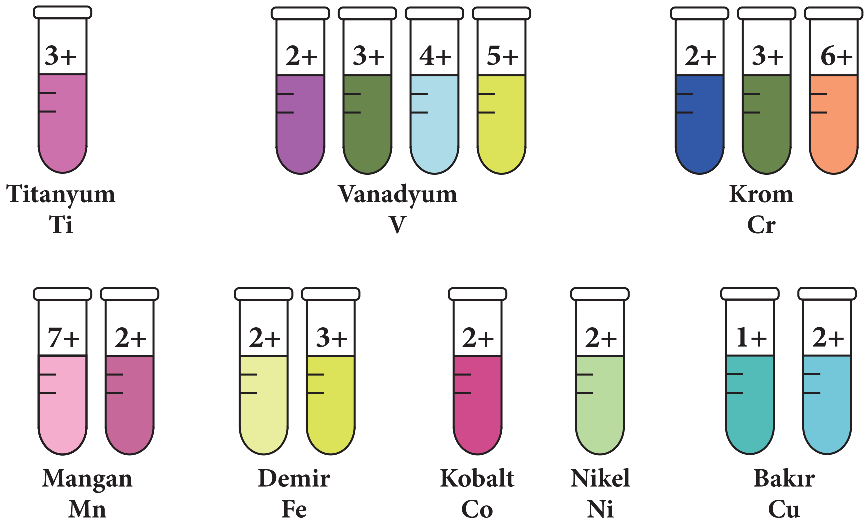
Çözüm

a) NO_2 bileşiğinde oksijen -2 yükseltgenme basamağındadır. İki oksijen atomunun yükseltgenme basamakları toplamı -4'tür [2 (-2) = -4]. Toplam yükün sıfır olabilmesi için N atomu +4 yükseltgenme basamağındadır.

b) Mg_3N_2 bileşiğindeki Mg atomu, bileşiklerinde sadece +2 yüküne sahiptir. 3 magnezyum atomundan gelen yük 3(+2) = +6'dır. Bu durumda iki azot atomunun yükseltgenme basamağı -6'dır. Bir azot atomunun yükseltgenme basamağı ise -3'tür.

c) HNO_3 bileşiğinde H atomu 1A grubundadır ve +1 yükseltgenme basamağına sahiptir. Bileşikteki oksijen atomunun yükseltgenme basamağı -2'dir. Üç oksijen ve bir hidrojen atomunun yükseltgenme basamağı toplamı -5 olur [3(-2) + 1 = -5]. Yük toplamı sıfır olması için azotun yükseltgenme basamağı +5 olmalıdır.

d BLOKU ELEMENTLERİNİN YÜKSELTGENME BASAMAKLARI



***Görsel 1.33:** Geçiş metallerindeki iyonların renkleri*

Görsel 1.33'te geçiş elementlerinin sulu çözeltilerindeki iyonlarının renklerinin farklı olması ile yükseltgenme basamağı arasında nasıl bir ilişki kurulabilir? Açıklayınız.

d bloku elementlerinin çoğu, **$ns^2(n\text{-}1)d^x$** elektron dizilimine sahiptir. Bu elementlerin değerlik elektronları ns^2 ve d^x orbitalindeki elektronlardır. d bloku elementleri en yüksek enerji seviyesindeki (s orbitalinde) değerlik elektronlarını vererek genellikle +2 yükseltgenme basamağını alır. Ayrıca geçiş metalleri çoğu zaman s orbitali ve bir alt enerji seviyesinde bulunan d orbitallerindeki elektronları vererek birden fazla yükseltgenme basamağına sahip olur. Bu nedenle geçiş metallerinin birden fazla pozitif yükseltgenme basamağı bulunabilir (Tablo 1.26). Örneğin $_{22}Ti$ (titanyum) metalinin elektron dizilimi $_{22}Ti$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$ şeklindedir.

Kimyasal olaylarda titanyum önce dış kabuktaki 4s orbitalinden 2 elektron vererek +2 yükseltgenme basamağında olur.

$_{22}Ti^{2+}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^2$

Titanyum 4s orbitalinden 2 ve 3d orbitalinden 2 elektron vererek +4 iyon yükünü alabilir.

$_{22}Ti^{4+}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

Tablo 1.26: *d Blok Elementlerinin Elektron Dizilimi ve Beklenen Yükseltgenme Basamağı*

Elektron Dizilimi	Periyodik Sistemde Grubu	Beklenen Yükseltgenme Basamağı
$ns^2\ (n\text{-}1)d^1$	3B	s orbitalindeki 2 elektronu vererek +2 yük alması beklenirken 3B grubu elementleri +2 yükseltgenme basamağında bulunmaz. +3
$ns^2\ (n\text{-}1)d^2$	4B	s orbitalindeki 2 elektronu vererek +2 s ve d orbitalindeki 4 elektronu vererek +4
$ns^2\ (n\text{-}1)d^3$	5B	+2, +5
$ns^1\ (n\text{-}1)d^5$	6B	+2, +6
$ns^2\ (n\text{-}1)d^5$	7B	+2, +7
$ns^2\ (n\text{-}1)d^6$	8B	+2 +3 (d^5 küresel simetrik yapı) +8 (Grupta aşağıdaki elementlerde görülür.)
$ns^2\ (n\text{-}1)d^7$	8B	+2, +3, +4
$ns^2\ (n\text{-}1)d^8$	8B	+2, +3
$ns^1\ (n\text{-}1)d^{10}$	1B	+1, +2, +3
$ns^2\ (n\text{-}1)d^{10}$	2B	+2

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **3. periyot 7A grubu elementinin elektron dizilimini yazarak yükseltgenme basamaklarını belirtiniz.**

2. **$LiNO_3$ bileşiğinde N atomunun yükseltgenme basamağını bulunuz.** ($_3Li$, $_8O$)

3. **Aşağıdaki altı çizili atomların yükseltgenme basamaklarını bulunuz.**

   ($_1H$, $_8O$, $_{11}Na$, $_{19}K$)

   a) $NaH\underline{C}O_3$

   b) $\underline{Br}O_4^-$

   c) $K_2\underline{Cr}_2O_7$

Periyodik sistemde elementlerin yükseltgenme basamakları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir (Tablo 1.27).

Tablo 1.27: *Periyodik Sistemde Yükseltgenme Basamakları (En sık kullanılan yükseltgenme basamakları pembe yazı ile gösterilmiştir.)*

	1 (1A)	2 (2A)	3 (3B)	4 (4B)	5 (5B)	6 (6B)	7 (7B)	8 (8B)	9 (8B)	10 (8B)	11 (1B)	12 (2B)	13 (3A)	14 (4A)	15 (5A)	16 (6A)	17 (7A)	18 (8A)
1	1 **H** +1 -1																	2 **He**
2	3 **Li** +1	4 **Be** +2											5 **B** +3	6 **C** +4 +2 -2	7 **N** +5 +4 +3 +2 +1 -3	8 **O** +2 +1 -2 -1	9 **F** -1	10 **Ne**
3	11 **Na** +1	12 **Mg** +2											13 **Al** +3	14 **Si** +4 -4	15 **P** +5 +3 -3	16 **S** +6 +4 +2 -2	17 **Cl** +7 +6 +5 +4 +3 +1 -1	18 **Ar**
4	19 **K** +1	20 **Ca** +2	21 **Sc** +3	22 **Ti** +4 +3 +2	23 **V** +5 +4 +3 +2	24 **Cr** +6 +5 +4 +3 +2	25 **Mn** +7 +6 +4 +3 +2	26 **Fe** +3 +2	27 **Co** +3 +2	28 **Ni** +2	29 **Cu** +2 +1	30 **Zn** +2	31 **Ga** +3	32 **Ge** +4 -4	33 **As** +5 +3 -3	34 **Se** +6 +4 -2	35 **Br** +5 +3 +1 -1	36 **Kr** +4 +2
5	37 **Rb** +1	38 **Sr** +2	39 **Y** +3	40 **Zr** +4	41 **Nb** +5 +4	42 **Mo** +6 +4 +3	43 **Tc** +7 +6 +4	44 **Ru** +8 +6 +4 +3	45 **Rh** +4 +3 +2	46 **Pd** +4 +2	47 **Ag** +1	48 **Cd** +2	49 **In** +3	50 **Sn** +4 +2	51 **Sb** +5 +3 -3	52 **Te** +6 +4 -2	53 **I** +7 +5 +1 -1	54 **Xe** +6 +4 +2
6	55 **Cs** +1	56 **Ba** +2	57-71 **La-Lu**	72 **Hf** +4	73 **Ta** +5	74 **W** +6 +4	75 **Re** +7 +6 +4	76 **Os** +8 +2	77 **Ir** +4 +3	78 **Pt** +4 +2	79 **Au** +3 +1	80 **Hg** +2 +1	81 **Tl** +3 +1	82 **Pb** +4 +2	83 **Bi** +5 +3	84 **Po** +2	85 **At** -1	86 **Rn**

1.11. YORUM SİZDE Yükseltgenme Basamağı

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Elementlerden bileşik yaparak çeşitliliği artırmanız istenmektedir ancak elementlerin sahip olduğu yükseltgenme basamağına göre bileşik yapmalısınız. Elementlerin elektron dizilimindeki değerlik orbitalinde bulunan elektronunu vermesinin o elementin yükseltgenme basamağını belirleyeceğini unutmamalısınız. Örneğin;

- s orbitali ile biten bir dizilimde element, orbitalde bulunabilen elektron kadarını verir ve +1 ya da +2 yükseltgenme basamağına sahip olur.
- p orbitali ile biten bir dizilimde element, orbitalde bulunabilen elektron kadarını vererek 1-6 arasında bir yükseltgenme basamağına sahip olur.
- Genellikle ns^2 $(n-1)d^x$ dizilimi ile biten geçiş elementleri, önce s orbitalinden elektron verir; yaygın olarak +2 yükseltgenme basamağına sahip olur ya da değerlik elektronlarının tamamını verir. Böylece yükseltgenme basamağı belirlenmiş olur.

Verilen bilgilere göre aşağıdaki tablo hazırlanmıştır.

Grup Numarası	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A
Yükseltgenme Basamağı	+1	+2	+3 (Tl hariç)	+4,-4 arasında	+5,-3 arasında	+6,-2 arasında	+7,-1 arasında

İstisna: 4A'da Sn, Pb; 5A'da Bi metal olduğu için negatif değer alamaz.

1. Aşağıdaki elementlerin elektron dizilimini yazarak yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

$_{19}$**K:**

$_{16}$**S:**

$_{23}$**V:**

2. N_2O_5 bileşiğinin oluşabilmesi için azot ve oksijen atomlarının yükseltgenme basamağı ne olmalıdır?
($_7$N, $_8$O)

3. Aşağıda verilen bileşik ve iyonlardaki altı çizili atomun yükseltgenme basamağını bulunuz.

($_{11}$Na, $_{19}$K, $_8$O)

a) $K\underline{Mn}O_4$ ....

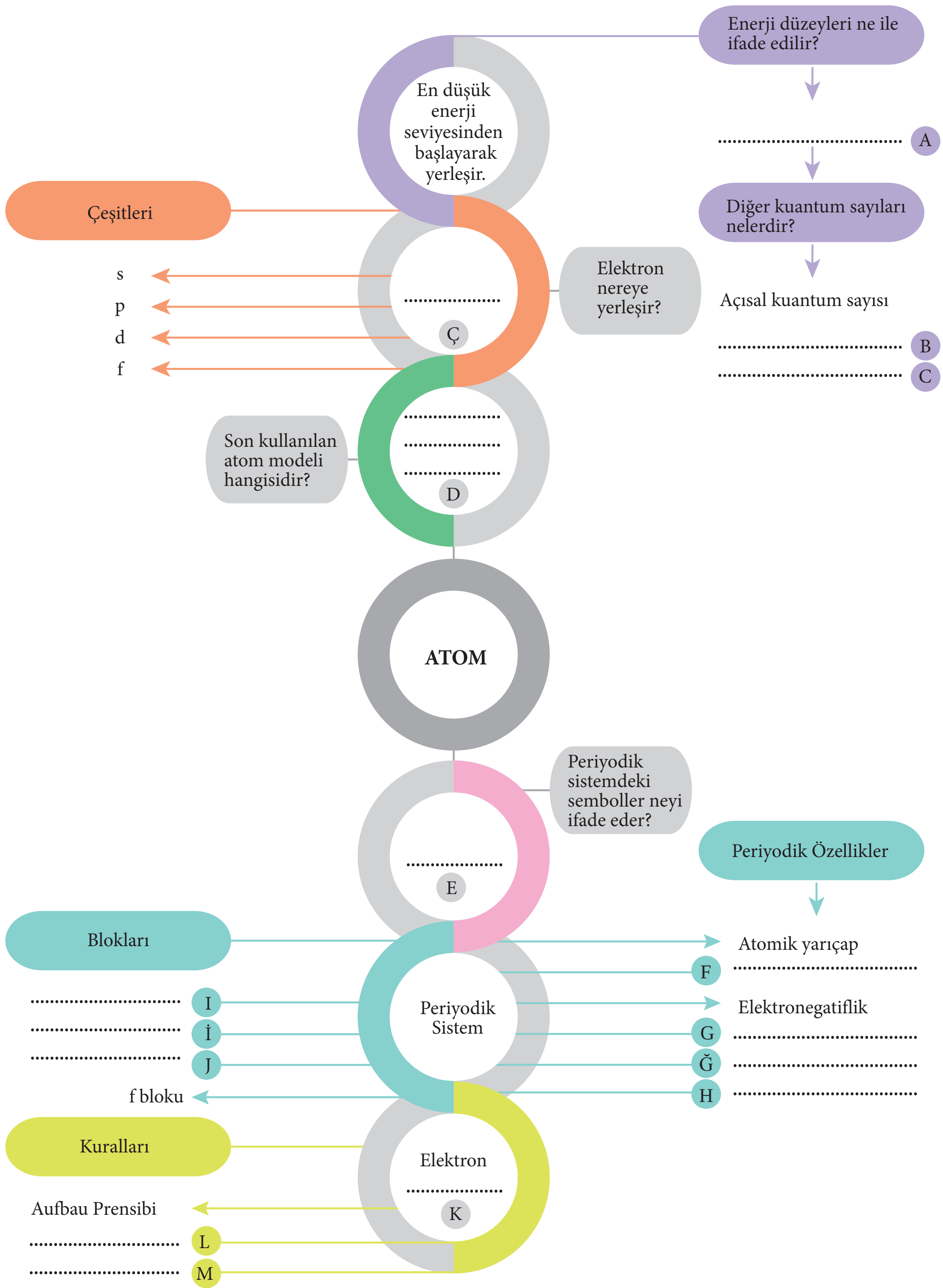
b) $Na\underline{N}O_3$ ....

c) $\underline{Cr}_2O_7^{2-}$ ....

ÜNİTE SONU SORULARI

Aşağıdaki atom ve periyodik sistem ile ilgili kavram haritasında yer alan boşlukları doldurunuz.

1.



Aşağıda Romen rakamlarıyla sıralanan atomik yarıçapların sınıflandırılmasını ve örneklerini eşleştirerek doğru harfi ayraç içine yazınız.

2.

Harf	Atomik Yarıçapların Sınıflandırılması	Örnekler
( )	I. İyonik yarıçap	a. HCOOH
( )	II. Kovalent yarıçap	b. Fe
( )	III. Van der Waals yarıçap	c. $MgCl_2$
( )	IV. Metalik yarıçap	ç. Ne
		d. H_2O

Aşağıdaki yargılar doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz yargının karşısına nedenini yazınız.

3.

	Yargılar	D/Y	Nedeni
I	Bohr atom modeline göre elektronun bulunduğu her yörünge belli bir enerji düzeyini ifade eder.		
II	Elektronlar orbitallere 2. enerji seviyesinden başlayarak yerleşir.		
III	Nötr hâldeki bir atom anyon hâline geldiğinde atom yarıçapı küçülür.		
IV	Metallerin aktifliğinin ölçüsü elektron verme isteğiyle ölçülür.		
V	s bloku elementlerinden 1A grubundaki alkali metaller +1 ve -1 iyon yükü alabilir.		

Aşağıdaki tabloda yer alan boşlukları verilen sözcüklerden uygun olanlarla doldurunuz.

4.

dairesel, yüksek, her enerji düzeyinde, düzlemsel, bir, 2, 3, belli sayıda, şekli, farklı

Yörünge	Orbital
Elektronun (a)………….. hareketini temsil eder.	Elektronun (e)……… boyutlu hareketini temsil eder.
Elektronun izlediği varsayılan (b)……….. yoldur.	Elektronun bulunma olasılığının (f)………… olduğu bölgedir.
Her yörüngede (c)………….. elektron bulunur.	Her orbitalde en fazla (g)………… elektron bulunur.
(ç)…………….............. daireseldir.	(ğ)………… şekillere sahiptir.
Her yörünge (d)……………. enerji düzeyi ile temsil edilir.	(h)………… farklı orbitaller bulunur.

Aşağıdaki açık uçlu soruların cevaplarını boş bırakılan alanlara yazınız.

5. **3d, 4p, 5s orbitallerini enerji düzeylerine göre sıralayınız.**

6. Nötr durumdaki bir X atomunun ℓ = 0 değerine sahip orbitallerinde toplam 6, ℓ = 1 değerine sahip orbitallerinde toplam 11 elektron bulunmaktadır. **Bu elementin atom numarası kaçtır?**

7. **Atom numarası 34 olan bir atomun aşağıdaki tabloda istenen bilgilerini boşluklara yazınız.**

Elektron Dizilimi	Değerlik Orbitali	Değerlik Elektronu	Periyodik Sistemdeki Yeri

8. Bir bilgisayar programında “0, 1, 2, 3” rakamları sırasıyla “s, p, d, f” harfleri ile kodlanmıştır. Veriler, baştaki sayı ile harfin karşılığı olan sayının toplamından oluşmaktadır.

s = 0	p = 1	d = 2	f = 3

Verilen bilgilerden yararlanarak aşağıdaki kodları çözünüz. Elde ettiğiniz sayısal değerleri büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

4s	2p	3d	6s	4f

9. **Hidrojen atomunun ($_1$H) temel hâl ve uyarılmış hâl orbital şemasını çiziniz.**

10. Aynı periyotta bulunan X, Y, Z elementleri ardışıktır. İyonlaşma enerjileri karşılaştırıldığında en küçük değer Y, en büyük değer Z elementine aittir. **Y elementi 3A grubunda ise X ve Z elementlerinin hangi grupta olduğunu belirleyiniz.**

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

11. X^{2+}, Y^{3-}, Z^{1-}, T^{1+} elementleri birbirleriyle izoelektroniktir.

Y^{3-} iyonunun elektron sayısı 10'dur.
Buna göre

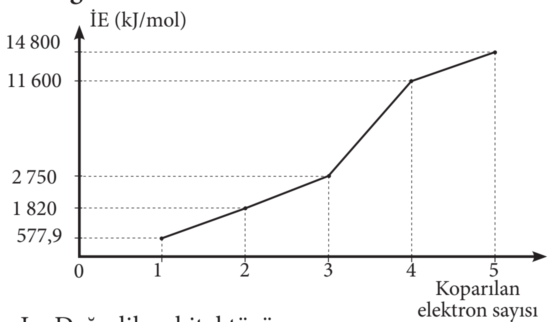
I. Y'nin çekirdek yükü 9'dur.
II. Atom çapı en küçük olan X^{2+} dır.
III. T'nin elektron dizilimi $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ dir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

12. Aşağıdaki grafikte 3. periyot elementi olan gaz hâlindeki nötr bir X atomundan koparılan elektron sayısına karşılık harcanan enerji miktarı verilmiştir.

Buna göre X elementine ait



I. Değerlik orbital türü
II. Çekirdek yükü
III. Grup numarası

bilgilerinden hangilerine ulaşılabilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

13. Bohr atom modelinin sınırlılıklarıyla ilgili

I. Elektronun farklı yörüngelerde neden bulunmadığını açıklayamamıştır.
II. Hidrojen atomu ve tek elektrona sahip iyonların ($_2He^+$, $_3Li^{2+}$) spektrumlarını açıklamada yetersiz kalmıştır.
III. Orbitalleri açıklamada yetersiz kalmıştır.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

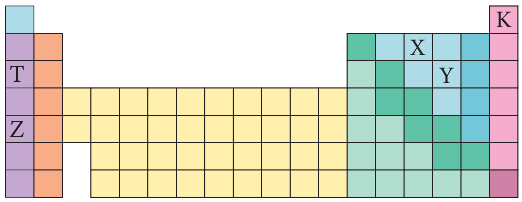
14. X, Y, Z ve T elementleri ile ilgili

I. X ve Y aynı grupta, X ve Z ise aynı periyottadır.
II. En büyük atom çapına Z sahiptir.
III. X^{2-} nin elektron düzeni aynı periyottaki soy gaza benzemektedir.
IV. İyonlaşma enerjisi en büyük olan Y'dir.

bilgileri veriliyor. Buna göre X, Y, Z ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) X, 2A grubundadır.
B) Elektronegatiflik sıralaması Y > X > Z'dir.
C) Atom çapı sıralaması Z > X > Y'dir.
D) Metalik aktifliği en büyük olan Z elementidir.
E) Elektron ilgisi en büyük olan Y elementidir.

15.



Periyodik sistemde yerleri belirtilen X, Y, Z, T ve K elementleri ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi doğrudur?

A) Atom çapı en küçük olan X elementidir.
B) Z ve T elementinin kimyasal özellikleri farklıdır.
C) Elektronegatiflik sıralaması K > X > Y > T > Z'dir.
D) T, Z ve K, s blokunda; X, Y elementleri p blokundadır.
E) En yüksek metalik aktifliğe sahip olan T'dir.

16. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$ elektron dizilimine sahip olan Zn elementi için

I. +2 yükseltgenme basamağına sahiptir.
II. Geçiş elementidir.
III. Oksijen elementi ile iyonik bağ yapar. ($_8O$)

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız III B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

17. Aşağıda elektron dizilimleri verilen A, B ve C elementleri ile ilgili

Element	Elektron Dizilimi
A	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$
B	$1s^2\ 2s^2\ 2p^3$
C	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$

I. A elementi sadece kovalent bağ yapar.
II. C elementinin birden fazla yükseltgenme basamağı vardır.
III. A ve B elementi arasında iyonik bağ oluşur.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

18. $_{11}Na^+$ iyonu ile Y^{2+} iyonunun elektron dizilimi aynıdır.

Buna göre Y elementinin değerlik elektronları hangi orbitallerde bulunur?

A) s B) s ve p C) s ve d
D) s ve f E) s, p ve d

19. $_{15}X^{5+}$, $_{12}Y^{2+}$, $_{9}Z^-$, $_{13}Q^{3+}$, $_{8}R^{2-}$ **iyonlarından hangisinden elektron koparmak daha zordur?**

A) $_{15}X^{5+}$ B) $_{12}Y^{2+}$ C) $_{9}Z^-$
D) $_{13}Q^{3+}$ E) $_{8}R^{2-}$

20. Z: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$

Temel hâlde elektron dizilimi verilen Z elementinin periyodik sistemdeki yeri aşağıdakilerden hangisidir?

A) 2. periyot, 3A grubu
B) 3. periyot, 7A grubu
C) 4. periyot, 7B grubu
D) 4. periyot, 1A grubu
E) 4. periyot, 6A grubu

21. $_{13}Al^{3+}$, $_{10}Ne$, $_{8}O^{2-}$, $_{11}Na^+$, $_{12}Mg^{2+}$ **atom ya da taneciklerinden hangisinin atom yarıçapı en büyüktür?**

A) $_{13}Al^{3+}$ B) $_{10}Ne$ C) $_{8}O^{2-}$
D) $_{11}Na^+$ E) $_{12}Mg^{2+}$

22. Aşağıdakilerden hangisi f bloku elementleri için doğrudur?

A) Üç sıradan oluşur.
B) Geçiş elementleri olarak adlandırılır.
C) 2. yatay sırasına aktinitler adı verilir.
D) İyonlaşma enerjileri çok yüksektir.
E) Yatay sıralarında 15 element bulunur.

23. Temel enerji düzeyinde 3p orbitalinde 6 elektron bulunurken 4s ve 3d orbitallerinde elektron bulunmayan bir atom için

I. A grubu elementidir.
II. p blokunda bulunur.
III. Kovalent bağ oluşturabilir.
IV. Son katmanında 8 elektron bulunur.
V. Oda koşullarında katı hâlde bulunur.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) I ve II B) II ve III C) I, II ve III
D) I, II ve IV E) I, II, III ve IV

24. N_2O_5, Mg_3N_2, N_2O, NO, N_2O_3 **bileşiklerindeki azot atomlarının yükseltgenme basamakları aşağıdakilerden hangisinde sırası ile verilmiştir?**

A)	+5	-3	+1	+2	+3
B)	-3	+5	+2	+3	+1
C)	+1	-3	+5	+3	+2
D)	+3	+2	+1	-3	+5
E)	+2	-3	+5	+1	+3

25. 3. enerji düzeyinde bulunabilecek orbital türleri hangi seçenekte doğru verilmiştir?

A) s ve p B) p ve d C) s, p, d ve f
D) d ve f E) s, p ve d

26. Periyodik sistemle ilgili

I. s bloku elementleri iyonik bağ yapabilir.
II. p bloku elementleri bileşiklerinde sadece kovalent bağ oluşturur.
III. d bloku elementlerine geçiş elementleri denir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) I, II ve III

27-28. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Mehmet ve arkadaşları piknik yapmak ve eski günlerdeki gibi oyun oynamak için plan yaparlar. Piknik alanında yemek yedikten sonra dokuztaş oynamaya başlarlar. En altta büyük, en üstte küçük taş olacak şekilde taşları üst üste dizip topla devirmeye çalışırlar. Dokuztaştan sonra iki gruba ayrılıp halat çekme yarışı yaparlar. İki gruba ayrılmışken mendil kapmaca oynamaya karar verirler. Gruplardan seçilen kişiler mendili kapıp kendi grubuna getirmeye çalışır. Son olarak da saklanan bir eşyayı bulmaya çalışan kişiye eşyaya yaklaştıkça sıcak, eşyadan uzaklaştıkça soğuk denen sıcak-soğuk oyununu oynarlar. Güzel ve keyifli bir gün geçirip eski günleri hatırlamanın sevinciyle evlerinin yolunu tutarlar.

27. Periyodik sistemde yer alan elementlerin bazı özellikleri artıp azalmaktadır. Mehmet ve arkadaşlarının oynadıkları oyunların özelliklerini dikkate aldığınızda periyodik sistemdeki elementlerin değişen özellikleriyle oyunlar arasında nasıl bir ilişki kurulabilir? Aşağıdaki tabloya oyunları ve periyodik sistemle ilişkisini yazınız.

Oyunun İsmi	Elementlerin Bulundukları Periyot ve Gruba Göre Değişen Özellikleri

28. Bazı elementlerin periyodik özelliklerindeki değişimin nedenini açıklayınız.

29-31. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Ayşe, İstanbul'da yaşayan kuzeni Aynur ile mektuplaşmaktadır. Kuzeninin iki hafta önce yazdığı mektuba karşılık o da bir mektup yazar ve onu bir zarfa koyar. Zarfın üzerine alıcı ve gönderici adreslerini (şehir, cadde, apartman, daire) yazar.

29. Ayşe'nin mektup göndermek için adres yazması ile elektronun bir orbitalde yerinin belirlenmesi arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

30. Mektupta sadece şehir ismi yazsaydı mektup adrese ulaşır mıydı? Elektronun baş kuantum sayısının bilinmesi ile mektubun yerine ulaşması arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

31. Mektup adrese ulaştığında Aynur'un hangi odada olduğu bilinebilir mi? Bu durum ile elektronun orbitalde bulunma olasılığı arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

32-33. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Doğu Ekspresi, dünyanın en güzel rotasına sahip on treninden biri kabul edilir. Her gün Ankara-Kars-Ankara arasında sefer yapar. Doğu Ekspresi; pulman, örtülü kuşetli ve yemekli vagonları olan turistik amaçlı bir trendir. Kompartımanlardaki koltukların yarısı trenin önüne, diğer yarısı arkasına bakmaktadır.

Doğu Ekspresi'nde 2, 6, 10 ve 14 kişilik kompartımanlar vardır. Kompartımanlar vagonlara

1. vagonda 2 kişilik 1
2. vagonda 2 ve 6 kişilik 2
3. vagonda 2, 6 ve 10 kişilik 3
4. vagonda 2, 6, 10 ve 14 kişilik 4 tane olacak şekilde yerleştirilmiştir.

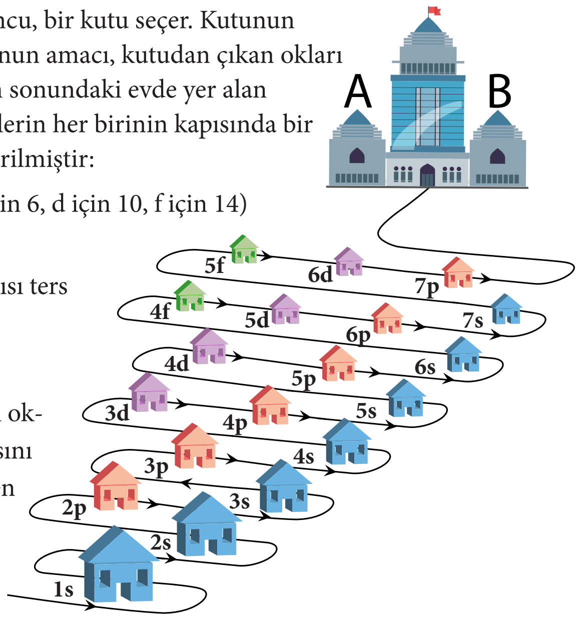
Yolcular 3. vagonun 6 kişilik kompartımanı dolana kadar her vagon için önce 2 kişilik, sonra da 6 kişilik kompartımana sırayla yerleştirilir. Biletler önce trenin ön kısmına bakan koltuklara sonra da trenin arkasına bakan koltuklara kesilir. Bir vagondaki kompartımanlar dolunca diğer vagondaki kompartımanlara bilet kesilmeye başlanır.

32. Doğu Ekspresi bir atom olarak düşünülürse vagon, kompartıman ve yolcular atomdaki temel taneciklerden hangilerine karşılık gelir?

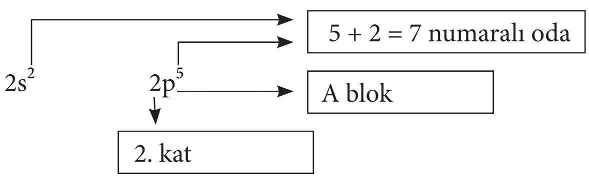
33. 16 kişilik bir öğrenci grubu vagon ve kompartımanlara bilet satış sistemine göre yerleştirilmek istenirse son öğrenci kaç numaralı kompartımana yerleşir?

34-37. soruları aşağıdaki görsel ve metinden yararlanarak cevaplayınız.

Ali, Elementlerin Evi isimli bir oyun oynamaktadır. Oyuncu, bir kutu seçer. Kutunun içinde bir element sembolü ve belli sayıda ok vardır. Oyunun amacı, kutudan çıkan okları yoldaki evlere sırayla bırakarak ipucunu çözmek ve yolun sonundaki evde yer alan odalardan birine elementi bırakmaktır. Yol üzerindeki evlerin her birinin kapısında bir sayı ve bir harf yazmaktadır. Oyunun kuralları aşağıda verilmiştir:



- Kapıda yazan harfe göre o eve ok (en fazla; s için 2, p için 6, d için 10, f için 14) bırakılır.
- Evin içine girildiğinde okların yarısı bir yöne, diğer yarısı ters yöne doğru tek tek yerleştirilir.
- En son girilen eve eldeki bütün oklar bırakılır.
- En yüksek kapı numarasına (1, 2, 3, …) sahip evlerdeki oklar toplanır. Okların toplamı element sembolünün odasını gösterir. Örneğin evlere toplamda 9 ok bırakıldığında en yüksek kapı numaraları 2s ve 2p için evlerdeki okların toplamı 7 olur. Elementin A blok, 2. kat, 7 numaralı odasına yerleştirileceği belirlenir.
- s, p harfleri evin A; d, f harfleri evin B blokunu ifade eder.



34. Ali'nin seçtiği ilk kutudan element sembolü ve 17 ok çıkmıştır. **Element, evdeki hangi odaya yerleştirilmelidir? Açıklayınız.**

35. Ali'nin seçtiği ikinci kutudan element sembolü ve 12 ok çıkmıştır. **Element, evdeki hangi odaya yerleştirilmelidir? Açıklayınız.**

36. Oyunun içeriği ile elementlerin periyodik sistemdeki yerlerinin bulunması arasında nasıl bir ilişki kurulabilir? Açıklayınız.

37. Bu oyunun kuralları ile Pauli İlkesi, Hund Kuralı ve Aufbau Prensibi arasındaki benzerlikleri belirleyiniz.

38-39. soruları aşağıdaki metin ve tablolardan yararlanarak cevaplayınız.

Kerem, element ve bileşiklerin yükseltgenme basamaklarını veya iyon yükünü öğrenebilmek için bir etkinlik hazırlar. Bu etkinlik için iki adet zarftan birine element isimleri ile atom numaralarını, ikinci zarfa bileşikleri yazar ve bazı atomların altını çizer. Arkadaşlarına birinci ve ikinci zarftan kartlar çektirir.

38. Öğrenciler birinci zarftan çekilen elementlerin yükseltgenme basamağını bulmak için aşağıdaki tabloyu nasıl doldurmuştur?

Öğrenciler	Birinci Zarftan Çekilen Elementler	Elementlerin Elektron Dizilimi	Hangi Orbitalden Elektron Verir	Yükseltgenme Basamağı	İyon Yükü
Emre	$_{20}Ca$				
Berna	$_{16}S$				
Leyla	$_{13}Al$				
Yusuf	$_{9}F$				
Ufuk	$_{23}V$				
Zeynep	$_{26}Fe$				

39. Öğrenciler ikinci zarftan çekilen kimyasal türlerdeki altı çizili atomun yükseltgenme basamağını bulmak için aşağıdaki tabloyu nasıl doldurmuştur?

Öğrenciler	İkinci Zarftan Çekilen Bileşikler	Yükseltgenme Basamağı ve İyon Yükü Hesaplama	Yükseltgenme Basamağı	İyon Yükü
Emre	$\underline{N}_2O_3$			
Berna	$\underline{S}O_3^{2-}$			
Leyla	$\underline{Cr}_2O_7^{-2}$			
Yusuf	$Al\underline{P}O_4$			
Ufuk	$Ag\underline{N}O_3$			
Zeynep	$Na\underline{Cl}O_4$			

Bu ünite ile ilgili daha fazla soruya ulaşmak için karekodu okutunuz.

2. ÜNİTE

GAZLAR



Ünite karekodu

Ünite sunum karekodu



BÖLÜMLER

1. GAZLARIN ÖZELLİKLERİ VE GAZ YASALARI



2. İDEAL GAZ YASASI



3. GAZLARDA KİNETİK TEORİ



4. GAZ KARIŞIMLARI



5. GERÇEK GAZLAR



ANAHTAR KAVRAMLAR

- Basınç
- Difüzyon
- Doygun Buhar Basıncı
- Efüzyon
- Faz Diyagramı
- Hacim
- İdeal Gaz
- Gerçek Gaz
- Kısmi Basınç
- Kritik Basınç
- Kritik Sıcaklık
- Mutlak Sıcaklık
- Standart-Normal Şartlar

1. BÖLÜM



2.1. GAZLARIN ÖZELLİKLERİ VE GAZ YASALARI

Neleri Bilmelisiniz?
- Gazların genel özelliklerini,
- Gazları tanımlayan özellikleri bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?
- Gazların betimlenmesinde kullanılan özellikleri açıklarken basınç birimleri (atm, Torr, mmHg, cmHg) ve hacim birimleri (L, m^3) ile bunların ondalık ast ve üst katlarını kısaca açıklamayı,
- Gazların özelliklerini ölçme yöntemlerini (Manometre hesaplamalarına girilmez.),
- Gazların özelliklerine ilişkin yasaları (Boyle, Charles, Gay Lussac ve Avogadro),
- Hazır veriler kullanarak gaz yasaları ile ilgili grafikler çizmeyi ve bu grafikleri yorumlamayı öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK
- Dalgıçların su yüzeyine hızla çıkması hayatlarına mal olabilir. Akciğerlerindeki havanın hacminin artması akciğer zarına zarar verecektir. Bu olay gazların hangi özellikleri ile açıklanabilir?

2.1.1. GAZLARIN BETİMLENMESİNDE KULLANILAN ÖZELLİKLER

Atom numarası 8 olan oksijen, periyodik sistemin 2. periyot 6A grubu elementidir. Oksijen gazı normal koşullarda renksiz bir gazdır. Dünya atmosferinin yaklaşık %21'ini oluşturur. Canlılar için hayati öneme sahip olan oksijen, çoğu canlının metabolizmasını çalıştırır, canlının ihtiyacı olan enerjinin üretilmesini sağlar, solunumda da kritik rol oynar. Akciğerlere dolan oksijen kana karışarak vücudun tüm bölgelerine ulaşır, organ ve dokuların çalışmasını sağlar. Oksijen gazının miktarı ve basıncı canlılar için çok önemlidir. Vücuttaki oksijenin normalden yüksek olması akciğerlerdeki küçük hava keselerinin (alveoller) sıvı ile dolmasına neden olabilir. Bu durumda akciğerler hava alışverişini normal yapamaz, kana yeterli oksijen gönderemez ve canlının hayatı tehlikeye girebilir.

Gaz miktarı ve basıncı canlıların yaşamında olduğu gibi endüstride de oldukça önemlidir Nitrojen, oksijen, hidrojen, asetilen gibi gazların üretim aşamasından depolanmasına kadar her aşamada bu özelliklerden yararlanılır.

BASINÇ VE BASINÇ BİRİMLERİ



Görsel 2.1: Pompayla şişirilen top

Futbol topu pompayla şişirilirken pompanın pistonu aşağıya ittirilir (Görsel 2.1).

- **Piston aşağıya ittirildiğinde pompadaki silindirin ve topun hacmi nasıl değişir?**
- **Topun şişirilmeden önceki ve şişirildikten sonraki basıncı hakkında ne söylenebilir?**

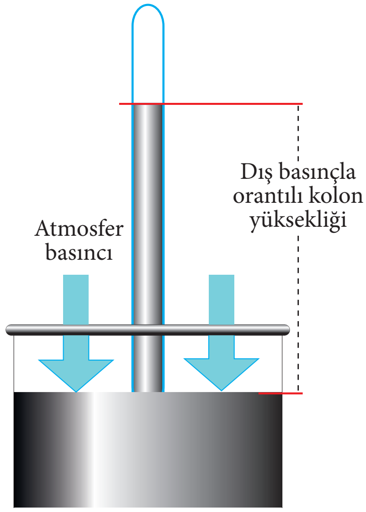
Basınç (P), yüzey alanına uygulanan kuvvet olarak tanımlanır. İnmiş bir topu veya bisiklet tekerini şişiren kişi, sıkıştırılmış havanın oluşturduğu bir kuvvetle karşılaşır. Gazın yaptığı basınç, gaz moleküllerinin birbirine ve kabın çeperine çarpmasından kaynaklanır. Gaz moleküllerinin çarpma etkisiyle oluşturdukları kuvvete **gaz basıncı** denir. Gaz basıncı, gaz moleküllerinin birim yüzeye uyguladığı kuvvet olarak da tanımlanabilir; "P" ile gösterilir ve manometre ile ölçülür.

Atmosferdeki gazların uyguladığı basınca **atmosfer basıncı** denir. Atmosfer basıncı barometre ile ölçülür. Barometre cıva kolonunun yüksekliği deniz seviyesinde yaklaşık 760 mmHg'dır. 760 mm cıva basıncı deniz seviyesinde normal atmosfer basıncına karşılık gelir (Görsel 2.2).

Atmosfer basıncı ölçülürken atmosfer (atm), Torr, santimetre cıva (cmHg) ve milimetre cıva (mmHg) gibi basınç birimleri kullanılabilir. Basınç birimlerine karşılık gelen değerler aşağıda verilmiştir.

1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg = 760 Torr

1 cmHg = 10 mmHg = 10 Torr



Görsel 2.2: *Atmosfer basıncını ölçmek için barometre kullanılır.*

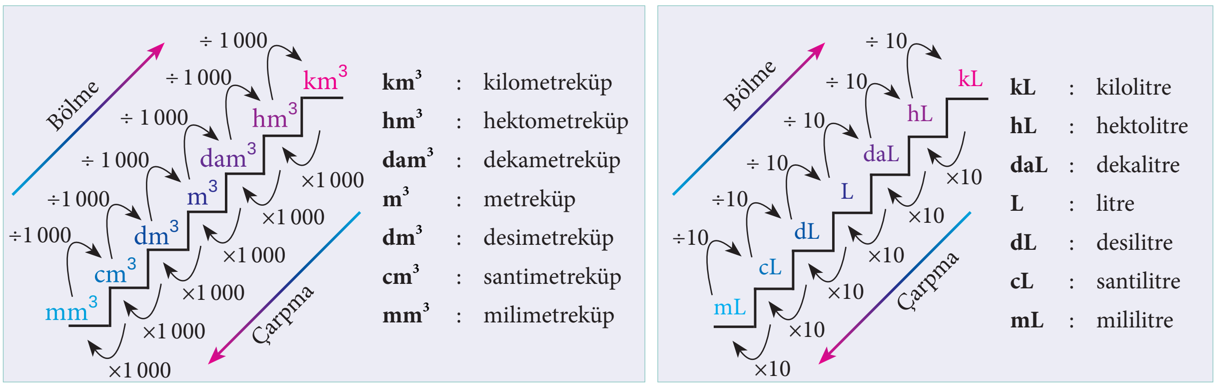
HACİM VE HACİM BİRİMLERİ

Maddelerin uzayda kapladığı yere **hacim** denir. Gazlar bulundukları kabın hacmini doldurur. Bu nedenle gazların hacmi bulundukları kabın hacmine eşittir. Gazlar sıcaklık etkisiyle genleşme, basınç etkisiyle de sıkışma özelliğine sahiptir. Bu nedenle bir gazın hacminden bahsederken sıcaklık ve basınç değerlerinin bilinmesi gerekir. Hacim "V" sembolü ile gösterilir. Hacim birimleri L ve m^3 tür. L ve m^3 ün üst katları ve ast katları kullanılabilir (Görsel 2.3).

$1\ mL = 1\ cm^3$

$1\ dm^3 = 1 \cdot 10^{-3}\ m^3$

$1\ L = 1\ dm^3 = 1\,000\ mL = 1\,000\ cm^3$



Görsel 2.3: *Hacim birimleri*

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki basınç birim dönüşümlerini yapınız.

a) 2 atm = ……… mmHg

b) 95 cmHg = ……… Torr

c) 0,5 atm = ……… mmHg

ç) 2 280 Torr = ……… atm

d) 0,2 atm = ……… mmHg = ……… Torr

e) 3 Torr = ……… mmHg

f) 38 Torr = ……… atm = ……… cmHg

2. Aşağıdaki hacim birim dönüşümlerini yapınız.

a) 4 dm^3 = ……… L = ………. mL

b) 3 L = ……… mL

c) 1 000 mL = ……… L

ç) 0,3 dm^3 = ……… m^3 = ……… cm^3 =…… L

d) 500 mL = …… L

2.1.2. GAZ YASALARI

Bir gazı tanımlayabilmek için sıcaklık, basınç, gaz miktarı ve hacim değişkenine ihtiyaç vardır. Bu dört değişken arasındaki ilişkiyi ifade eden denklemler gaz yasaları [Boyle (Boyl), Charles (Şarl), Gay-Lussac (Gey-Lusak) ve Avogadro (Avogadro)] olarak bilinir.

BOYLE YASASI (Basınç-Hacim İlişkisi)



Görsel 2.4: *Hava balonu*

Meteorologlar bir asır önce, hava durumunu sadece karadan yapılan ölçümlerden elde edilen sınırlı verilerle tahmin ediyor ve hava durumu hakkında birkaç saat sonrası hakkında bilgi verebiliyordu. Günümüzde ise bilim insanları çeşitli yöntemlerle günler öncesinden hava koşulları hakkında bilgi sahibi olabilmektedir. Bu yöntemlerden biri meteoroloji balonlarının kullanılmasıdır. Meteoroloji balonlarının içine helyum ya da hidrojen gazı doldurulur. Balon atmosfer boyunca yükselirken balonun etrafındaki hava basıncı azalır.

Hava basıncı azaldığında hava balonlarının (Görsel 2.4) hacmi nasıl değişir? Hava balonlarının çok az bir kısmının doldurulmasının nedenini arkadaşlarınızla tartışınız.

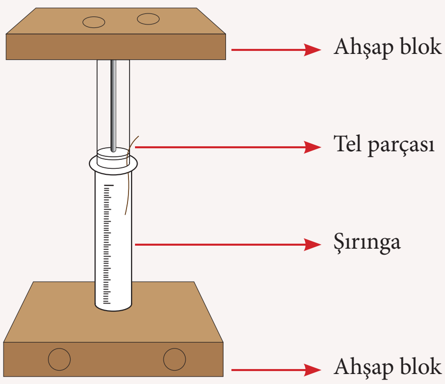
2.1. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Basınç-Hacim İlişkisi

DENEYİN AMACI — **Süre:** 40 dakika

Basınç-hacim ilişkisini gözlemleyebilme.

Yönerge: Deney düzeneğini kurarak deney basamaklarını gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

Araç Gereç: 50 mL'lik şırınga, sıcak silikon, ortası oyuk ahşap bloklar, 5 adet 1 kg'lık ağırlık, küçük bir tel parçası



Ahşap bloklara monte edilmiş şırınga

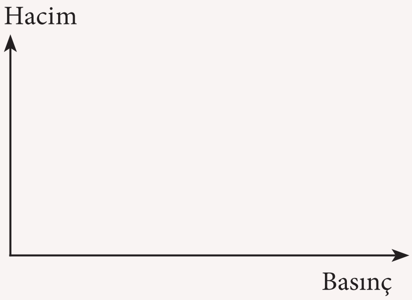
DENEYİN BASAMAKLARI

1. Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız. Yukarıdaki düzeneği kurunuz.
2. Ortası şırınganın çapı kadar oyulmuş ahşap bloğun oyuğuna sıcak silikon sıkarak görseldeki gibi dik ve hava sızdırmayacak şekilde şırıngayı yerleştiriniz.
3. Şırınganın pistonunu geri çekerek teli görseldeki gibi pistonun uç kısmının kenarından içeri doğru itiniz. Pistonun şırınga içinde serbest hareket ettiğinden ve şırınganın ucunun iyi kapatıldığından emin olunuz.
4. 1 kg'lık ağırlığı dengeli şekilde üstteki ahşap bloğun üzerine yerleştiriniz.
5. Şırıngadaki havanın hacmini okuyunuz. 1 kg'lık ağırlığın yaptığı basıncı (P_1) 1 birim, şırıngadaki havanın hacmini (V_1) mL olarak kaydediniz.
6. 1 kg'lık ağırlığın üzerine ikinci 1 kg'lık ağırlığı dengeli şekilde yerleştiriniz. İkinci 1 kg'lık ağırlığın yaptığı basıncı P_2, şırıngadaki havanın hacmini de V_2 (mL) olarak kaydediniz.
7. Aynı işlemleri 1kg'lık diğer ağırlıklarla da P_3, P_4, P_5 ve V_3, V_4, V_5 (mL) şeklinde kaydederek verilen tabloyu doldurunuz.

Basınç (P, birim)	Hacim (V, mL)	Basınç · Hacim Değeri (PV) (birim · mL)
1		
2		
3		
4		
5		

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Deneyden elde ettiğiniz verileri kullanarak sabit sıcaklıkta şırınga içindeki gazın basınç-hacim grafiğini çiziniz.



2. Grafiğe göre gazın hacminin basınç değişikliğinden nasıl etkilendiğini yorumlayınız.

3. Ağırlığın artırılması pistonun hareketini nasıl etkilemiştir? Açıklayınız.

4. Deneyden yola çıkarak akciğerlerin çalışma sisteminde etkili olan faktörleri açıklayınız.

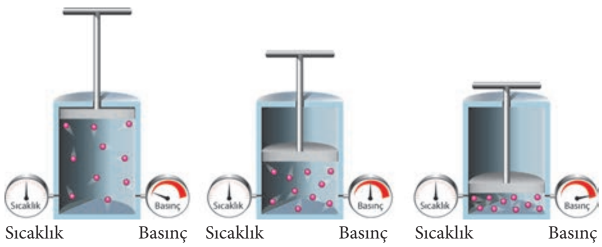
Robert Boyle (Rabırt Boyl), 17. yüzyılda gazların davranışlarını sistematik ve nicel olarak inceler. Yaptığı araştırmalarda bir gazın basınç-hacim ilişkisini araştırır. Sabit sıcaklıkta belirli miktar gazın basıncı artırıldığında hacminin azaldığını (Görsel 2.5), basınç azaltıldığında ise gazın kapladığı hacmin arttığını bulur. **Boyle Yasası** sabit sıcaklıkta belli miktardaki gazın basıncının hacmiyle ters orantılı olduğunu belirtir (Grafik 2.1).

Sabit sıcaklıkta belirli miktar gazın basıncı ile hacmi arasındaki ters orantıyı gösteren matematiksel ifade aşağıdaki gibi yazılabilir.

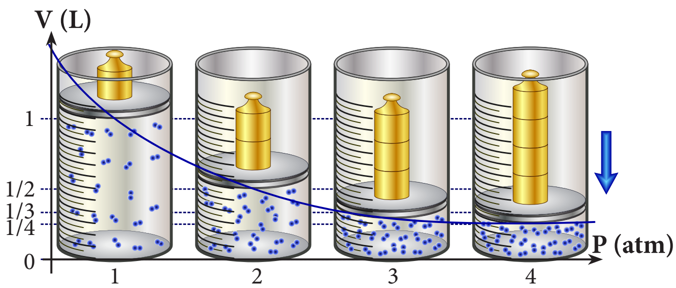
P α 1/V (Basınç α 1/Hacim, T ve n sabit)

PV = k (sabit)

Basınç hacim çarpımı daima sabittir. Sabit sıcaklıkta belirli miktardaki bir gaza farklı basınçlar uygulandığında gazın değişen hacim ve basınçları arasında $P_1V_1 = P_2V_2 = k$ (T ve n sabit) bağıntısı bulunmaktadır.



Görsel 2.5: *Gazların basınç-hacim değişimi*



Grafik 2.1: *Gazların basınç-hacim değişimi*

Birbirleriyle tepkime vermeyen farklı kaplardaki gazların karıştırılmasında basınç-hacim bağıntısı aşağıdaki gibi yazılabilir.

$P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + P_4V_4 + ... = P_{son}V_{son}$

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Sabit sıcaklıkta 20 L'lik pistonlu kaptaki Ne gazının basıncı 2 atm'dir. **Kap basıncı 4 atm olduğunda kabın hacmi ne olur?**

   Çözüm

   Boyle Yasası'na göre basınç hacimle ters orantılıdır.

   $P_1V_1 = P_2V_2$ bağıntısında sorudaki değerler 1 ve 2. durum için yazıldığında

   $2 . 20 = 4 . V_2$

   $V_2 = 10$ L bulunur.

2. **30 cmHg basınçtaki 30 L'lik tüpte bulunan gaz, 15 L'lik tüpe konduğunda basınç kaç mmHg olur?**

   Çözüm

   $P_1V_1 = P_2V_2$

   $30 . 30 = P_2 . 15$

   $P_2 = 60$ cmHg = 600 mmHg

CHARLES YASASI (Hacim-Sıcaklık İlişkisi)

Akciğerler, süngerimsi yapıya sahip içi hava dolu organlardır. Nefes alırken genişler, verirken daralır. Kış aylarında vücut sıcaklığı düştüğü için koşu gibi fiziksel aktiviteleri yapmak zorlaşır. Bu olayın akciğerlerle ilişkisini arkadaşlarınızla tartışınız.

2.2. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Hacim-Sıcaklık İlişkisi

DENEYİN AMACI **Süre:** 40 dakika

Hacim-sıcaklık ilişkisini gözlemleyebilme.

Yönerge: Deney basamaklarını takip ederek deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

Araç Gereç: 50 mL'lik cam şırınga, 5 adet 600 mL'lik beher, 5 adet termometre, üçayak, tel kafes, ısıtıcı.

DENEYİN BASAMAKLARI

1. Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız.
2. Oda sıcaklığında 50 mL'lik cam şırıngaya 20-25 mL hava çekiniz ve şırınganın ağzını hava sızdırmayacak şekilde plastik, kürdan, silikon vb. malzemeyle kapatınız.
3. 600 mL'lik beheri yarısına kadar su ile doldurarak içine termometre yerleştiriniz. Su sıcaklığı 90-95 °C'a gelinceye kadar beheri ısıtınız.
4. Hava dolu şırıngayı beherdeki 90-95 °C'taki suya daldırınız. Piston dengeye gelene kadar bekleyiniz. Piston dengeye geldiğinde beherin sıcaklığını ölçüp şırıngadaki gazın hacmini okuyunuz. Sıcaklık değerini ve gaz hacmini aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Sıcaklık (°C)	Sıcaklık (K)	Hacim (mL)	Hacim (L)	Hesaplanan k_1 Değeri $k_1 = V_{(L)} \cdot T_{(K)}$	Hesaplanan k_2 Değeri $k_2 = V_{(L)} / T_{(K)}$

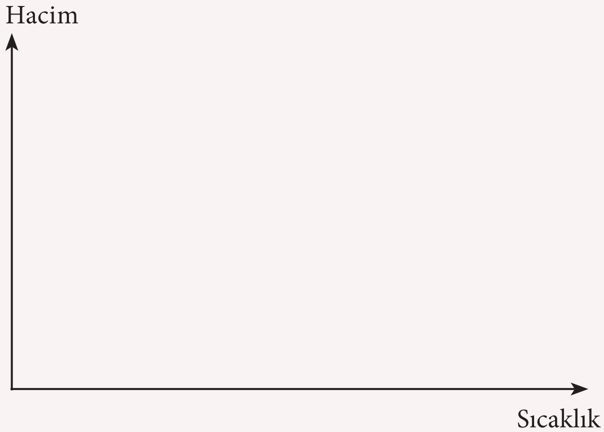
5. Deneyi 60-65, 35-40, 15-20 ve 0 °C sıcaklık değerleri için tekrarlayarak verileri tabloya kaydediniz.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Yaptığınız deneydeki bağımlı, bağımsız ve sabit değişkeni aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişkenler

2. Deneyden elde ettiğiniz verileri kullanarak sabit basınçta gaz hacmi ile sıcaklık grafiğini çiziniz.

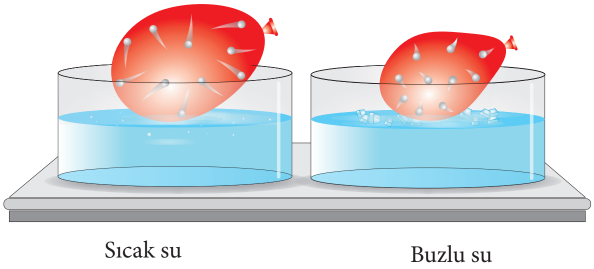


3. Grafiğe göre gazın hacminin sıcaklıktan nasıl etkilendiğini açıklayınız.

4. Tabloda hesapladığınız k_1 ve k_2 değerlerinden hangisinde birbirine yakın değere ulaştınız?

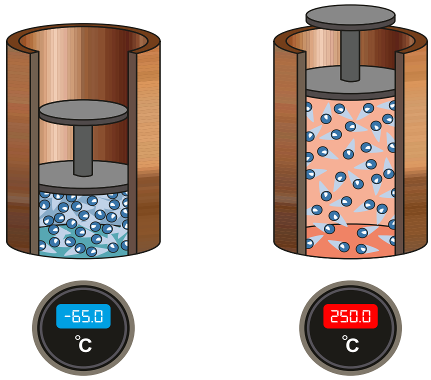
5. Cam şırınga farklı sıcaklıklardaki beherlere daldırıldığında şırıngadaki pistonunun hareketi nasıl değişti? Nedenini açıklayınız.

6. Deneyden elde ettiğiniz verileri kullanarak sıcaklık ve hacim arasındaki eşitliği yazınız.



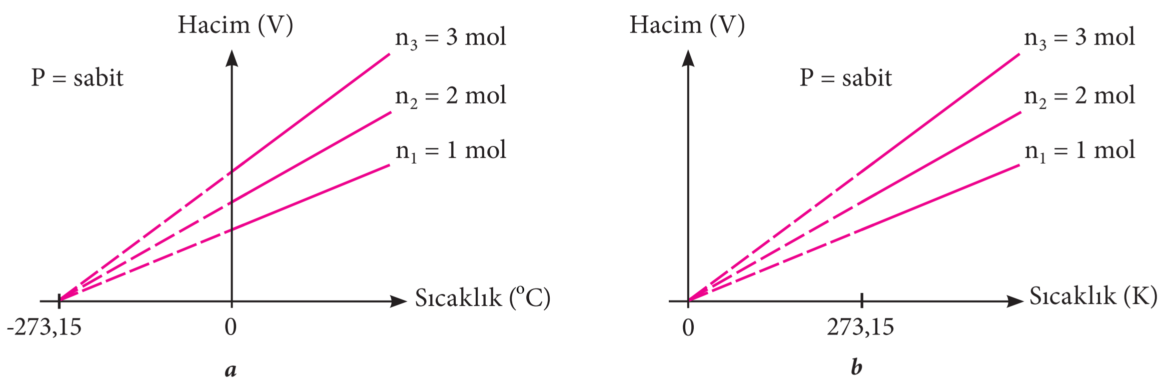
***Görsel 2.6:** Sıcak ve soğuk ortama bırakılan balon ve balon içindeki gazların hareketi*

Sıcaklıktaki değişikliğin hacim üzerine etkisini inceleyen Fransız bilim adamı Jacques Charles (Jak Şarl), yaptığı çalışmalarda sabit basınçta belirli miktar gaz örneği ısıtıldığında hacminin arttığını, soğutulduğunda azaldığını görür (Görsel 2.6). Jacques Charles, sabit basınç altındaki bir miktar gazın değişen sıcaklık (Kelvin) ve hacim değerleri arasındaki bağıntıyı açıklayan yasayı (Charles Yasası) bulur.



***Görsel 2.7:** Gazların sıcaklık-hacim ilişkisi*

Hareketli pistonlu bir kaptaki gazın sıcaklığı artırıldığında gaz molekülleri kinetik enerjileri arttığı için daha hızlı hareket eder. Birbirleriyle çarpışmaları ve kabın çeperine çarpmaları daha fazla ve kuvvetli olur (Görsel 2.7). Bu nedenle piston yukarıya doğru hareket eder ve kabın hacmi artar. Gazın sıcaklığı azaltıldığında ise gaz molekülleri daha yavaş hareket eder, birbirlerine ve kabın çeperine daha az çarpar. Bu nedenle piston aşağıya doğru hareket eder ve kabın hacmi azalır.



***Grafik 2.2: a)** Gaz hacminin sıcaklıkla (°C) değişimi, **b)** Gaz hacminin sıcaklıkla (K) değişimi*

Sabit basınçlı sistemlerdeki sıcaklık-hacim ilişkisi incelendiğinde çizilen sıcaklık-hacim grafiğinin doğru orantılı olduğu görülür. Grafikteki çizgi sıfır noktasına uzatıldığında ise sıcaklık eksenindeki kesişim -273,15 °C'tur (Grafik 2.2.a). Bu noktada gazın hacminin sıfır olması beklenir ancak bu mümkün değildir. Deneylerden elde edilen sonuçlar gazların bu sıcaklığa gelmeden yoğuştuğunu gösterir. Bu durumu ilk kez 1848'de Lord Kelvin (Lord Kelvin) fark etmiş, en düşük sıcaklık olan -273,15 °C'u mutlak sıfır noktası olarak belirtmiştir. Yaptığı çalışmalar sonucunda başlangıç noktası mutlak sıfır olan, günümüzde Kelvin ölçeği olarak adlandırılan mutlak sıcaklık ölçeğini oluşturmuştur.

Günlük hayatta sıcaklık Celcius (Selsiyus) ölçeğine göre ölçülürken gazlarla ilgili hesaplamalarda sıcaklık birimi Celcius'tan Kelvin'e dönüştürülür (Grafik 2.2.b).

T (K) = t (°C) + 273,15

Hesaplamalarda 273,15 değeri genellikle 273 alınır.

Sabit basınçta belirli miktar gaz hacminin mutlak sıcaklıkla doğru orantılı değişimi V α T veya V = kT şeklinde ifade edilir.

k sabit bir sayıdır. k sayısı gazın basıncına ve miktarına bağlı olarak değişir. Buna göre sabit basınçta farklı iki sıcaklıktaki gazın sıcaklık-hacim ilişkisi için $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ bağıntısı yazılabilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 127 °C sıcaklıkta H_2 gazı ile doldurulmuş bir kabın hacmi 4 000 m^3 tür. **Kabın sıcaklığı 227 °C'a getirildiğinde kabın hacmi kaç m^3 olur?**

Çözüm

Gazların hacmi mutlak sıcaklıkla doğru orantılı değişir. Bu nedenle sorudaki değerler mutlak sıcaklığa çevrilmelidir.

T (K) = t (°C) + 273

$T_1 = 127 + 273$

$T_1 = 400$ K

$T_2 = 227 + 273$

$T_2 = 500$ K

Charles Yasası'na göre sıcaklık ve hacim değerleri yazıldığında hacim

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{4000}{400} = \frac{V_2}{500}$$

$V_2 = 5000\ m^3$ bulunur.

GAY-LUSSAC YASASI (Basınç-Sıcaklık İlişkisi)

Düdüklü tencere, yiyecekleri buhar basıncı altında pişirmek için kullanılan mutfak gerecidir (Görsel 2.8). Yiyecekler pişirilmeye başlandığında tencerenin içindeki su buharlaşır. Buharlaşan su tencere içindeki basıncı artırır. Basıncı azaltmak ve pişme basıncını korumak için fazla buhar emniyet valfinden atılır.

Düdüklü tenceredeki bu durum sıcaklık-basınç ilişkisi ile nasıl açıklanabilir?



***Görsel 2.8:** Düdüklü tenceredeki sıcaklık-basınç değişimi*

2.3. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Basınç-Sıcaklık İlişkisi

DENEYİN AMACI **Süre:** 40 dakika

Gazların basınç-sıcaklık ilişkisini gözlemleyebilme.

Yönerge: Deney basamaklarını takip ederek deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

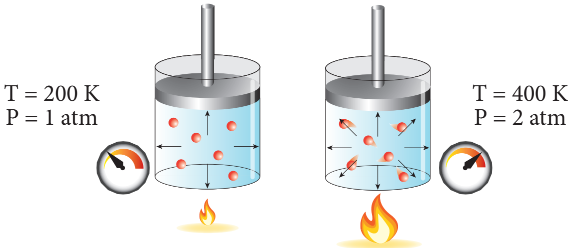
Araç Gereç: 1 adet cam şişe, 1 adet haşlanmış yumurta, kâğıt, kibrit.

DENEYİN BASAMAKLARI

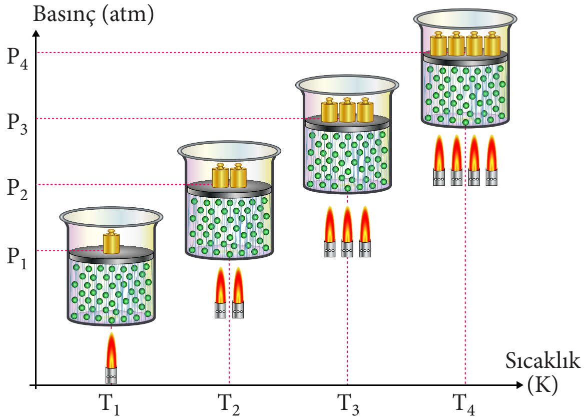
1. Haşladığınız yumurtanın kabuğunu soyunuz.
2. Kabuğu soyulmuş yumurtayı cam şişenin ağzına yerleştiriniz. Yumurtada değişiklik olup olmadığını gözlemleyiniz.
3. Yumurtayı şişenin ağzından alınız. Bir parça kağıdı yakarak şişenin içine atınız.
4. Yumurtayı tekrar şişenin ağzına koyunuz. Şişe ve yumurtayı 3-5 dakika gözlemleyerek gözlem sonuçlarınızı yazınız.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Deney gözlemleriniz nelerdir? Gözlemlediğiniz sonuçların nedenlerini açıklayınız.
2. Deneydeki bağımlı, bağımsız ve kontrol değişkenlerini yazınız.
3. Bu deney gaz kanunlarından hangisi ile ilişkilidir? Açıklayınız.
4. Deodorantların ambalajlarında "Ateşe atmayınız!" uyarısı neden yazar? Deneyden yola çıkarak açıklayınız.



***Görsel 2.9:** Gazların basınç-sıcaklık ilişkisi*



***Grafik 2.3:** Gazların basınç-sıcaklık ilişkisi*

Joseph Gay Lussac (Josef Gey Lüsak) da Fransız bilim insanı Jacques Charles'ın esinlendiği gibi sıcak hava balonlarından esinlenmiş, sıcaklıktaki değişikliğin basınç üzerine etkisini inceleyen deneyler yapmıştır. Yaptığı çalışmalar sonucunda belirli miktardaki sabit hacimli bir gazın basıncı ile sıcaklığının doğru orantılı olduğunu bulmuştur (Görsel 2.9).

Grafik 2.3'te görüldüğü gibi hacmi sabit tutulan belirli miktardaki bir gazın sıcaklığı artırıldığında basıncı da artar. Gazın sıcaklığının artması gaz moleküllerinin birbirleri ve kabın çeperi ile birim zamandaki çarpışma sayısının artmasına neden olur.

Sabit hacimdeki bir miktar gazın basıncı ile mutlak sıcaklığı doğru orantılı değişir. Bu matematiksel olarak

$P \propto T$ veya $P = kT$

şeklinde ifade edilir (Grafik 2.3). Buna göre sabit hacimde belirli miktardaki gazın farklı iki sıcaklık ve basınç durumunda basınç-sıcaklık ilişkisi için

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ bağıntısı yazılabilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Sabit hacimli kapta 27 °C'ta 4 atm basınca sahip belirli miktar gazın basıncını 8 atm yapmak için sıcaklık kaç °C'a çıkarılmalıdır?

Çözüm

$T\,(K) = t\,(^\circ C) + 273 \longrightarrow T_1 = 27 + 273$

$T_1 = 300\,K$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{4}{300} = \frac{8}{T_2}$$

$$T_2 = 600\,K$$

$$T\,(K) = t\,(^\circ C) + 273$$

$$600\,K = t\,(^\circ C) + 273$$

$$T_2 = 327\,^\circ C$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

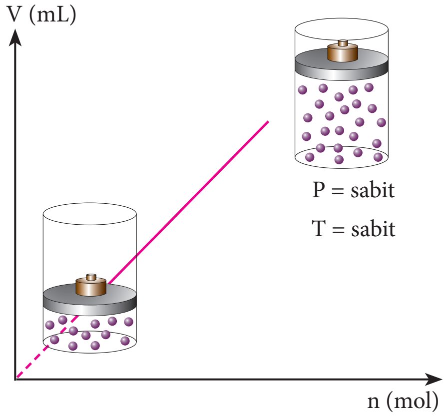
1. Sabit hacimli kaptaki belirli miktardaki gazın sıcaklığı 27 °C, basıncı 2 atm'dir. **Gaz basıncını 3 atmosfere çıkarmak için sıcaklık kaç °C olmalıdır?**

AVOGADRO YASASI (Mol Sayısı-Hacim İlişkisi)

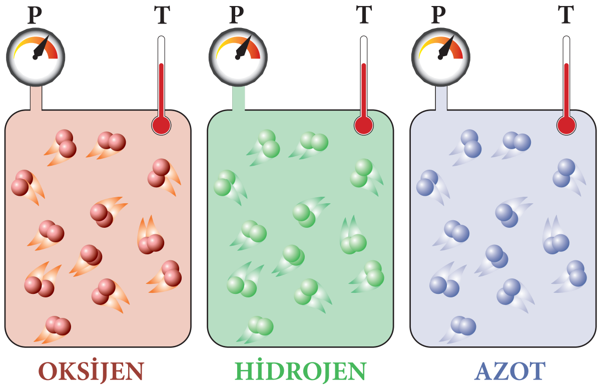
Helyum gazı dolu bir balonla hava dolu özdeş bir balonun hacimleri ve miktarları aynı olduğu hâlde helyum dolu balonun daha hafif olmasının nedeni ne olabilir?

İtalyan bilim insanı Amedeo Avogadro'nun (Amedeo Avogadro) çalışması Boyle, Charles ve Gay-Lussac'ın çalışmalarını tamamlamıştır. Avogadro, 1811'de aynı sıcaklık ve basınçta farklı gazların eşit hacimlerde aynı sayıda molekül, mono atomik gazlarda ise atom içerdiğini belirten bir hipotez yayınlar (Görsel 2.10). Bu hipotez, **Avogadro Yasası**'nın sabit basınç ve sıcaklıkta bir gazın hacminin gazın mol sayısı ile orantılı olduğunu belirtir (Görsel 2.11). Yasa matematiksel olarak $V \propto n$ veya $V = k \cdot n$ şeklinde ifade edilir (Grafik 2.4). Buna göre sabit basınç ve sıcaklıkta farklı iki hacim ve mol sayısındaki gazın mol sayısı-hacim ilişkisi için

$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$ bağıntısı yazılabilir.



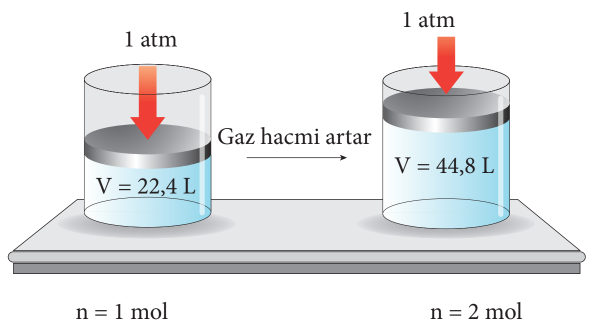
***Grafik 2.4:** Gazlarda hacim-mol sayısı ilişkisi*



***Görsel 2.10:** Gazların mol sayısı-hacim ilişkisi*

BİLİYOR MUSUNUZ?

Gazların hacmi ve mol sayısı arasındaki bağıntıyı açıklayabilmek için sıcaklık ve basınç şartları belirtilmelidir. Basıncın 1 atm, sıcaklığın 0 °C (273 K) olduğu şartlara **normal şartlar (NŞA)**, sıcaklığın 25 °C (298 K), basıncın 1 atm olduğu koşullara da **standart koşullar** denir. 1 mol gazın hacmi normal şartlarda 22,4 L, standart şartlarda (oda koşullarında) 24,5 L ölçülmüştür.



***Görsel 2.11:** Hacmin gaz miktarı ile değişimi*

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 1 atm basınç ve 0 °C'taki 1,5 mol O_2 gazının hacmi kaç litredir?

Çözüm

1 mol gaz normal şartlarda 22,4 L hacim kapladığına göre verilenler hacim-mol ilişkisi denkliğinde yerine yazılırsa gaz,

$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow \frac{22{,}4\ L}{1\ mol} = \frac{V_2}{1{,}5}$ $V_2 = 33{,}6$ L hacim kaplar.

2. Denizde top oynamak isteyen Selçuk ve Tanem deniz toplarını şişirirler. Tanem'in şişirdiği top 0,3 mol gaz 6,72 L hacim kaplarken Selçuk'un şişirdiği toptaki gaz aynı koşullarda 13,44 L hacim kaplar. **Selçuk'un topunda kaç mol gaz vardır?**

Çözüm

$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \Rightarrow \frac{6{,}72\ L}{0{,}3\ mol} = \frac{13{,}44\ L}{n_2}$ $n_2 = 0{,}6$ mol gaz vardır.

GAZ YASALARININ GRAFİKLE YORUMLANMASI

Gaz yasalarına ait verilerle gazların özelliklerine etki eden sıcaklık, basınç, mol sayısı gibi değişkenlerin grafikleri çizilerek yorumlanabilir. Çizilen bu grafikler üzerinden gaz yasaları incelenebilir.

a) Aşağıdaki tabloda sabit basınç ve sabit miktardaki gazın hacim-sıcaklık değerleri verilmiştir (Tablo 2.1). Bu değerlerden yararlanarak hacim-sıcaklık grafiğini çiziniz.

Tablo 2.1: *Sabit Basınç ve Miktardaki Gazın Hacim-Sıcaklık Değerleri*

Hacim (V) (mL)	Sıcaklık (T) (K)
50	200
100	400
200	800
400	1 600
800	3 200

b) Aşağıdaki tabloda sabit sıcaklık ve sabit miktardaki gazın basınç-hacim değerleri verilmiştir (Tablo 2.2). Bu değerlerden yararlanarak basınç-hacim grafiğini çiziniz.

Tablo 2.2: *Sabit Sıcaklık ve Miktardaki Gazın Basınç-Hacim Değerleri*

Basınç (P) (atm)	Hacim (V) (mL)
0,25	1 200
0,5	600
1	300
1,5	200
2	150

c) Aşağıdaki tabloda sabit basınç ve sabit sıcaklıktaki gazın mol sayısı-hacim değerleri verilmiştir (Tablo 2.3). Bu değerlerden yararlanarak gazın mol sayısı-hacim grafiğini çiziniz.

Tablo 2.3: *Sabit Basınç ve Sıcaklıktaki Gazın Mol Sayısı-Hacim Değerleri*

Gazın Miktarı (n) (mol)	Hacim (V) (mL)
1	50
2	100
3	150
4	200
5	250

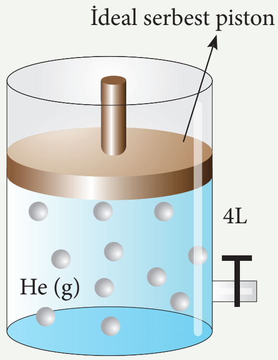
ç) Aşağıdaki tabloda sabit hacim ve sabit miktardaki gazın basınç-sıcaklık değerleri verilmiştir (Tablo 2.4). Bu değerlerden yararlanarak basınç-sıcaklık grafiğini çiziniz.

Tablo 2.4: *Sabit Hacim ve Miktardaki Gazın Basınç-Sıcaklık Değerleri*

Basınç (P) (atm)	Sıcaklık (T) (K)
0,10	50
0,20	100
0,40	200
0,80	400
0,16	800

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Şekildeki pistonlu kap içine 1 atm basınç ve 127 °C'ta 2 mol helyum gazı konuyor. (Piston serbest hareketlidir, pistonun sürtünmesini ve ağırlığını göz önünde bulundurmayınız.)



a) Pistonlu kabın hacmi 2 L'ye düşürüldüğünde kabın son basıncı kaç atm olur?

b) Pistonlu kaptaki He gazının sıcaklığı 227 °C'a çıkarıldığında gaz basıncı kaç atm olur?

c) Pistonlu kaba aynı sıcaklık ve basınçta 3 mol daha gaz ilave edildiğinde pistonlu kabın son hacmi kaç litre olur?

2. 8 litrelik sabit hacimli kapta belirli bir miktarda gaz bulunmaktadır. Bu gazın 127 °C'ta basıncı 2 atm'dir. **Bu gazın basıncının 228 cmHg olması için sıcaklık kaç °C olmalıdır?**

2. BÖLÜM



2.2. İDEAL GAZ YASASI

Neleri Bilmelisiniz?
- **Gazların betimlenmesinde kullanılan özellikleri,**
- **Gaz yasalarını,**
- **Mol hesaplamalarını bilmelisiniz.**

Neleri Öğreneceksiniz?
- **Deneysel yoldan türetilmiş gaz yasaları ile ideal gaz yasası arasındaki ilişkiyi açıklamayı,**
- **Boyle, Charles ve Avogadro yasalarından yola çıkarak ideal gaz denklemini türetmeyi,**
- **İdeal gaz denklemini kullanarak örnek hesaplamalar yapabilmeyi,**
- **Normal şartlarda gaz hacimlerini kütle ve mol sayısıyla ilişkilendirebilmeyi öğreneceksiniz.**

BÖLÜME HAZIRLIK
- **Araçlardaki hava yastıklarının çalışma prensibini gaz yasaları ile nasıl açıklayabilirsiniz?**

2.2.1 GAZ YASALARI İLE İDEAL GAZ YASASI ARASINDAKİ İLİŞKİ

Uzun süreli uçak yolculuklarında, uçakların iniş ve kalkışlarında kabin basıncı değiştiği için mide ve bağırsaklarda bazı sağlık sorunları yaşanabilir çünkü kabindeki basınç deniz seviyesindeki basınca göre düşüktür.

? Uçuş sırasında kabin basıncının düşmesi ile meydana gelen sağlık sorunları gaz yasaları ile nasıl açıklanabilir?

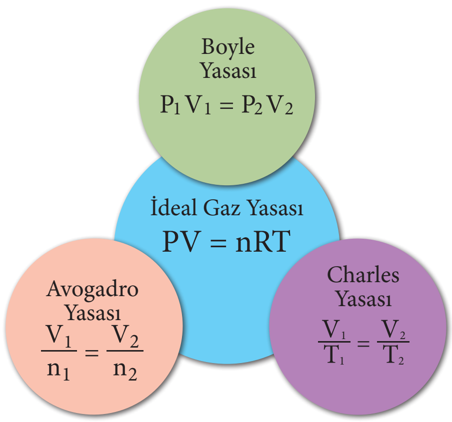
Büyük alışveriş merkezlerinde ve insan yoğunluğunun çok olduğu binalarda havalandırma üniteleri bulunur. Binanın ihtiyaç duyduğu havalandırma miktarı binadaki kişi sayısına bağlıdır. Binadaki kişi sayısı artınca karbon dioksit miktarı da artar. Oksijen ve karbon dioksit miktarı arasındaki dengeyi sağlamak için binaların uygun yerlerine havalandırma üniteleri monte edilir. Havalandırma ünitelerinin çalışma sisteminde ideal gaz yasasından yararlanılır. Havalandırma sisteminden gelen gaz miktarı ideal gaz yasasından yararlanılarak hesaplanabilir.

Boyle, Charles ve Avogadro tarafından yapılan gözlem ve çalışmalar sonucunda elde edilen bağıntılar (gazın sıcaklık, hacim, mol sayısı ve basıncı arasında) basit bir şekilde birleştirildiğinde ideal gaz denklemi elde edilir (Görsel 2.12).

Boyle Yasası (n ve T sabit)	$\frac{1}{P} \propto V$
Charles Yasası (n ve P sabit)	$T \propto V$
Avogadro Yasası (T ve P sabit)	$n \propto V$

Bilim insanlarının geliştirdiği gaz yasalarında mol sayısı (n), basınç (P), mutlak sıcaklık (T) ve hacim (V) arasındaki ilişkiyi açıklayan tek eşitliğin matematiksel ifadesi,

$V \propto \frac{nT}{P} \Rightarrow PV \propto nT$ şeklindedir.



Görsel 2.12: *Gaz yasalarından ideal gaz yasasının çıkarılması*

Bu ifadede $\propto$ yerine R sabit sayısı alındığında aşağıdaki eşitlik elde edilir:

PV = nRT

Bu eşitliğe **ideal gaz denklemi** denir. R, gaz sabitidir. İdeal gaz denklemi ve denklemi oluşturan niceliklerin birimleri yanda verilmiştir.

Basınç (atm) — **Hacim** (L) — **Mol sayısı** (mol) — **Gaz sabiti** $\frac{(\text{atm L})}{(\text{mol K})}$ — **Sıcaklık** (K)

$$PV = nRT$$

R gaz sabitinin sayısal değeri; 1 mol gazın normal şartlardaki hacim (22,4 L), sıcaklık (0 °C) ve basınç (1 atm) değerleri ideal gaz denklemine yerleştirilerek bulunabilir:

PV = nRT

1 atm . 22,4 L = 1 mol . R . 273 K

$$R = \frac{22,4}{273} \cong 0,0821 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

İdeal gaz, bütün şartlar altında PV = nRT denklemine uyan varsayımsal bir gazdır. İdeal bir gazın molekülleri birbirini itmez ve çekmez. Ayrıca kabın hacmine göre gaz moleküllerinin hacmi çok küçük olduğu için ihmal edilebilir. Doğada ideal gaz yoktur ancak yüksek sıcaklık ve düşük basınç (moleküller arası etkileşim en az) altındaki gazlar ideal gaz kabul edilebilir. Yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta gaz molekülleri arasındaki etkileşim artacağı için gaz ideallikten uzaklaşır. Aynı şartlara sahip gazlar içinde molekül kütlesi büyük olan gaz ideallikten sapar çünkü molekül kütlesi arttıkça moleküller arası zayıf etkileşimler de artar.

İdeal gaz denkleminden yararlanılarak gazın molekül kütlesi ve yoğunluğu hesaplanabilir. Denklemde **n** yerine $\frac{m}{M_A}$ yazıldığında,

$n = \frac{m}{M_A}$ $\qquad$ $PV = \frac{m}{M_A}RT$ eşitliği elde edilir.

M_A bulunmak istendiğinde eşitlik aşağıdaki gibi düzenlenir.

$$M_A = \frac{mRT}{PV}$$

İdeal gaz denklemini kullanarak gazın yoğunluğunu hesaplayabilmek için

$PV = \frac{m}{M_A}RT$ formülü $PM_A = \frac{m}{V}RT$ denkleminde $\frac{m}{V}$ =d => $PM_A = dRT$ eşitliği elde edilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **273 °C'ta 67,2 L hacim kaplayan O_2 gazının uyguladığı basınç 2 atm olduğuna göre O_2 gazının kütlesi kaç g'dır?** (O: 16 g/mol)

Çözüm

T = t + 273 = 273 + 273 = 546 K

PV = nRT

$$2 \cdot 67,2 = n \cdot \frac{22,4}{273} \cdot 546$$

n = 3 mol

$$n = \frac{m}{M_A}$$

$$3 = \frac{m}{32}$$

m = 96 g'dır.

2. $15{,}05 \cdot 10^{23}$ tane H_2 gazının 0 °C'ta hacmi 11,2 L olduğuna göre gazın basıncı kaç atm olur?
($N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$)

$$n = \frac{N}{N_A} \Longrightarrow n = \frac{15{,}05 \cdot 10^{23}}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = 2{,}5 \text{ mol}$$

$$PV = nRT$$

$$P \cdot 11{,}2 = 2{,}5 \cdot \frac{22{,}4}{273} \cdot 273$$

$$P = 5 \text{ atm}$$

3. 0 °C yoğunluğu 6,4 g/L olan O_2 gazının basıncını hesaplayınız. (O:16 g/mol)

$$PM_A = dRT$$

$$P \cdot 32 = 6{,}4 \cdot \frac{22{,}4}{273} \cdot 273$$

$$P = 4{,}48 \text{ atm}$$

4. 273 K'de, 3 atm basınçta 9 N tane H atomuna sahip NH_3 gazının hacmini hesaplayınız.
(N = Avogadro sayısı)

1 mol NH_3 gazında 3 mol hidrojen atomu bulunur. Bu nedenle 9 N tane (9 mol) hidrojen atomu içeren NH_3 gazı 3 moldür.

$$0\,^{o}C = 273 \text{ K}$$

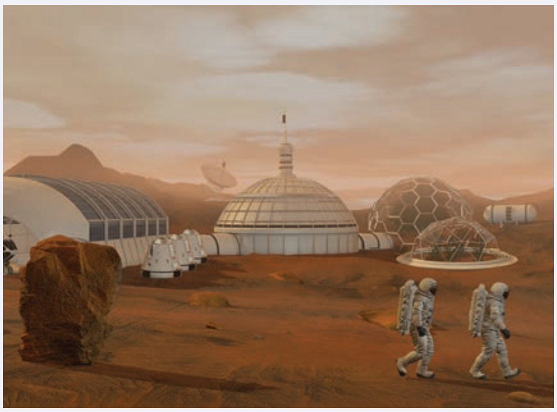
$$PV = nRT$$

$$3 \cdot V = 3 \cdot \frac{22{,}4}{273} \cdot 273$$

$$V = 22{,}4 \text{ L}$$

2.1. YORUM SİZDE — Maceranın Yeni Adresi Mars Gezegeni

Yönerge: Aşağıdaki metinden ve bilgilerden yararlanarak soruları cevaplandırınız.



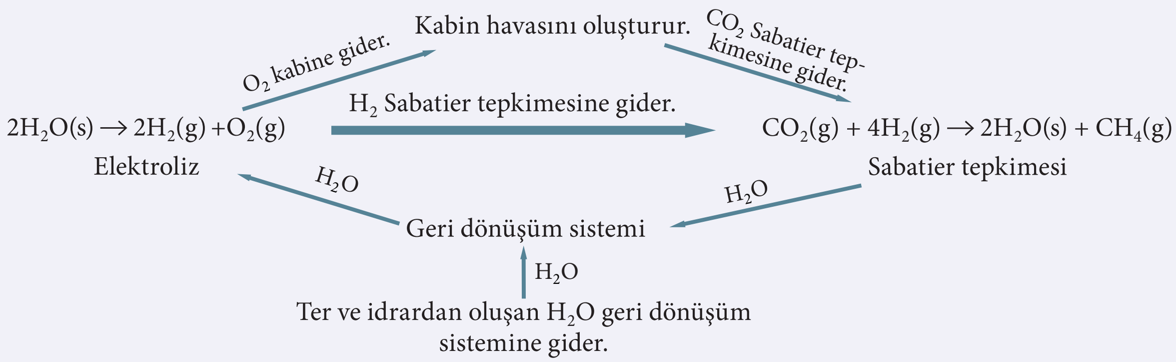
Mars gezegeninde yaşamın temsilî gösterimi

Maceraperestlerin yeni uğrak yeri Mars gezegeni olacak gibi görünüyor ancak uzay gemisinde seyahat edebilmek ve Mars'ta yaşamak için gereken oksijen, su ve yakıt konusunda hâlâ sıkıntılar mevcut. Bu sorun üzerinde çalışmalar yapan bilim insanları hem uzay gemisinde hem de Mars'taki yaşamı kolaylaştırmak için su geri dönüşüm sistemi, Sabatier (Sabateer) sistemi ve oksijen üretim sistemi geliştirdi.

Su geri dönüşüm sisteminde, kullanılan tüm su arıtılarak tekrar kullanılmak üzere tanklarda depolanır. Astronotların teri havalandırma yoluyla, idrarı ise kanallarla su geri dönüşüm sistemine aktarılır. Elde edilen suyun bir kısmı astronotlara oksijen sağlamak için oksijen üretim sistemine gönderilir.

Gemideki havanın büyük bir kısmı azot gazıdır. Gemideki hava basıncının 1 atmosferde tutulmasında kullanılır. Azot gazı dışında gemi içinde belirli oranda oksijen gazı da bulunması gerekmektedir. Geri dönüşüm sisteminden gelen su, oksijen üretim sisteminde elektroliz yöntemiyle oksijen (O_2) ve hidrojen (H_2) moleküllerine ayrıştırılır. Elde edilen oksijen kabin atmosferine dağıtılırken hidrojen, Sabatier sistemine aktarılır. Elektroliz için gereken güç ise güç destek ünitesinden sağlanır. Gemide solunum sonucu açığa çıkan karbon dioksit (CO_2) havalandırma yoluyla Sabatier sistemine aktarılır. CO_2 düşük oranlarda zehirli değildir ancak uzay gemisindeki hava temizlenmez ve karbon dioksit artarsa astronotlar zehirlenebilir. Bu nedenle CO_2 gazı,

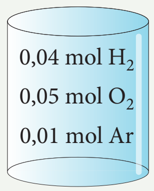
oksijen üretim sisteminden gelen hidrojen gazı belirli sıcaklıkta tepkimeye girer. Tepkimeden su (H_2O) ve metan (CH_4) gazı elde edilir. Metan gazı kullanılamadığı için uzaya atılır. Oluşan su ise geri dönüşüm sistemine tekrar gönderilir. Bu sistemin kimyasal denklemi aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:



1. Bir astronotun günlük oksijen gazı ihtiyacı 0,84 kg'dır. **Buna göre bir astronot 1 atm basınç ve 27 °C'ta kaç litre oksijen gazına ihtiyaç duyar?** (O: 16 g/mol)
2. 1 atm basınç ve 0 °C'ta H_2 gazının özkütlesi 0,08 g/L'dir. **Sıcaklık 400 °C'a, basınç 2 atm'e getirilirse gazın özkütlesi ne olur?** (H: 1 g/mol)
3. **1 atm basınç ve 27 °C'ta, bir astronotun kullandığı günlük oksijen miktarına göre oluşan karbon dioksit gazı kaç gramdır?** (C: 12 g/mol, O: 8 g/mol)
4. 1 atm basınç ve 27 °C'ta, astronotun solunumu sonucunda oluşan karbon dioksit Sabatier sistemine geçer. **Sabatier sisteminde bir günde toplanan CO_2 gazı ve eklenen hidrojen gazı toplam kaç litre hacim kaplar?**

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Yandaki kapalı kapta miktarları verilen gazlar bulunmaktadır. **Gazların kaba yaptığı basınç 228 cmHg olduğuna göre kabın sıcaklığının kaç °C olduğunu hesaplayınız.**



V= 2,24 L

2. **Sabit hacimli kaptaki 8 g He gazı 0 °C'ta 44,8 L hacim kapladığına göre gazın kaba uyguladığı basıncı hesaplayınız.** (He: 4 g/mol)

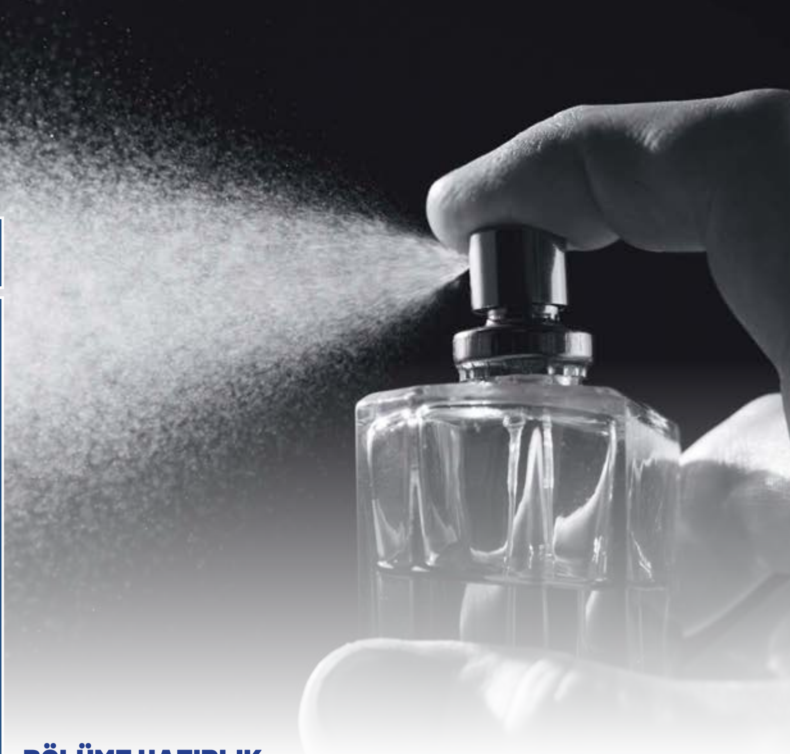
3. **Normal şartlarda bulunan Ne gazı ile CO_2 gazının yoğunlukları arasındaki oranı bulunuz.** (Ne: 20 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

4. 273 °C'ta 11,2 atm basınç uygulayan 60 g'lık A gazı 4 L'lik hacim kaplamaktadır. **Gazın mol kütlesini bulunuz.**

5. **Aynı şartlarda He, N_2, O_2, CO_2 gazlarından hangisi ideal gaza en yakındır? Nedenini açıklayınız.**
(He: 4 g/mol, C: 12 g/mol, N: 14 g/mol O: 16 g/mol)

3. BÖLÜM

2.3. GAZLARDA KİNETİK TEORİ



Neleri Bilmelisiniz?

- Gazların özelliklerini,
- Gazların davranışlarını,
- Molekül kavramını bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- Gaz davranışlarını kinetik teori ile açıklamayı,
- Kinetik teorinin temel varsayımlarını,
- Kinetik teorinin temel varsayımlarını kullanarak Graham Difüzyon ve Efüzyon Yasası türetebilmeyi,
- Difüzyon konusunu deney yaparak ve bilişim teknolojilerinden (animasyon, simülasyon, video vb.) yararlanarak açıklayabilmeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- Odanın bir köşesine parfüm sıkıldığında parfümün kokusu tüm odaya yayılır. Kokunun tüm odaya yayılması nasıl gerçekleşir?

2.3.1. GAZ DAVRANIŞLARI VE KİNETİK TEORİ



Görsel 2.13: *Fabrika bacalarından çıkan gazlar ve hava kirliliği*

Fabrika bacalarından, araba egzozlarından ve atıkların yakılması sonucu çıkan gazlar; duman ve toksik parçalar havaya salınırsa hava kirliliğine neden olur (Görsel 2.13).

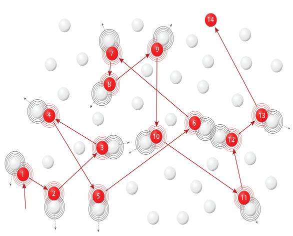
Hava kirliliğine neden olan bu kirleticilerin etkisi gazların hangi davranışı ile açıklanabilir?

Bilim insanları, yaptıkları çalışmalar sonucunda gazların davranışını basınç, hacim, sıcaklık gibi makroskobik özelliklerin belirlediğini açıklamışlardır. Gazların davranışını açıklayan teoriye **kinetik teori** denir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

BROWN HAREKETİ

Gaz moleküllerinin birbirlerine ve bulundukları kabın çeperine sürekli, rastgele, hızlı ya da esnek çarpmalarıdır (Görsel 2.14).



Görsel 2.14: *Brown hareketi*

Kinetik teoriye göre

- Gazlar, birbirinden bağımsız, sürekli ve rastgele hareket eden küçük parçacıklardan (moleküller veya atomlar) oluşur.
- Gaz molekülleri, rastgele ve sürekli birbirlerine ya da bulundukları kabın çeperine çarpar. Bu durum gazların karakteristik özelliklerinden biridir. Çarpışmalar sonucunda gaz moleküllerinin ortalama hızları azalmaz veya artmaz. Bunun nedeni çarpışmalarda kinetik enerjinin (hareket enerjisi) değişmemesidir.
- Gaz molekülleri, küçüktür ve gaz moleküllerinin kapladığı toplam hacim, kabın toplam hacmine göre ihmal edilebilir.
- Bir gazın molekülleri arasında itme ve çekme kuvveti olmadığı varsayılır.
- Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi, gazın mutlak sıcaklığı ile doğru orantılıdır ($E_k\ \alpha\ T$) ve aynı sıcaklıktaki tüm gazlar aynı ortalama kinetik enerjiye sahiptir. Kinetik enerji, sadece sıcaklığa bağlıdır.

- Gaz moleküllerinin bulundukları kabın çeperine çarpması gaz basıncını oluşturur. Gaz basıncı birim zamandaki çarpışma sayısı ile doğru orantılıdır. Çarpışma sayısı birim hacimdeki tanecik sayısına, taneciklerin ortalama hızına vb. bağlıdır.
- Aynı sıcaklıktaki gazlardan molekül kütlesi küçük olan daha hızlı hareket eder.
- Kinetik teoriye uygun davranan gaz ideale yakın kabul edilir.
- İdeal gaz molekülleri sabit harekete sahiptir. Gaz molekülleri boş bir kabı çok kısa sürede doldurabilir.

GRAHAM DİFÜZYON VE EFÜZYON YASASI

Bir gazın moleküllerinin kademeli olarak başka bir gazla karışması moleküllerin kinetik özellikleri sayesinde olur. Yayılma daima yüksek yoğunluktan düşük yoğunluğa doğrudur. Gaz molekülleri son derece hızlı olmasına rağmen yayılma hareketinin tamamlanması uzun sürer.

? İçinde derişik amonyak çözeltisi bulunan bir şişenin kapağı laboratuvar tezgâhının bir ucunda açıldığında tezgâhın diğer ucundaki kişinin amonyak kokusunu algılaması zaman alır. Bunun nedenini açıklayınız.

2.2. YORUM SİZDE Koku Molekülleri

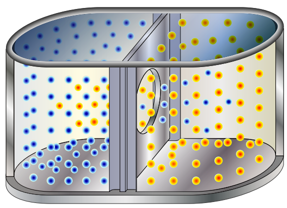
Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Mevsim değişiklikleri ve sıcaklık farklılıkları duyuları etkiler. Koku alma duyusu da bunlardan biridir. Sıcaklığa bağlı koku değişimleri ve havadaki koku moleküllerinin içeriği koku alma duyusunun işleyişiyle açıklanabilir.

Kokunun az ya da çok algılanmasının nedenlerinden biri burna ulaşan molekül miktarındaki değişimdir. Uçucu organik bileşikler olarak da anılan koku moleküllerinin burna ulaşabilmesi için öncelikle buharlaşması gerekir. Yaz aylarındaki sıcaklık artışı bu moleküllerin daha hızlı buharlaşmasını sağlar. Koku molekülleri kış aylarında çok az buharlaştığı için bazı kokuları almak mümkün olmaz. Havadaki molekül içeriğine ek olarak bu moleküllerin yayılım biçimi de sıcaklık ve nem gibi faktörlerden etkilenir. Hava sıcaklığının artması gaz moleküllerini hızlandırdığından koku bileşenlerinin yayılımını kolaylaştırır. Yaz aylarında artan nem miktarı da koku algısını etkiler. Kokunun kaynağı olan uçucu kimyasallar nem sayesinde uzaklara taşınır ve kimyasalların havada kalma süreleri artar.

1. **Koku algısı neden değişir? Açıklayınız.**
2. **Gaz moleküllerinin sıcaklığı ile yayılma hızları arasındaki ilişkiyi bir örnekle açıklayınız.**
3. **Buzdolabından çıkarılan bir yemeğin kokusu yemek ısıtılmadan önce ve ısıtıldıktan sonra nasıl algılanır? Arkadaşlarınızla tartışınız.**

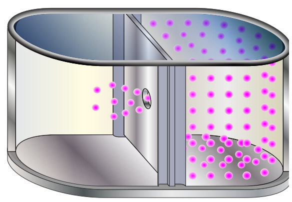
Gaz molekülleri, sürekli ve gelişigüzel hareket eder. Bu hareketler sırasında birbirlerine ve bulundukları kabın çeperine çarpar. Bu çarpışmalar sonucu gaz moleküllerinin hareket yönleri de değişir. Gaz moleküllerinin gelişigüzel hareketi difüzyon (yayılma) kavramı ile açıklanır.



Görsel 2.15: Gazların difüzyonu

Difüzyon gaz moleküllerinin farklı gaz molekülleri içinde yayılmasıdır (Görsel 2.15). Gaz molekülleri sürekli çarpıştıkları için birbirinin hareketini yavaşlatarak difüzyonun gerçekleşmesine neden olur.

Gaz moleküllerinin bulunduğu kabın küçük bir deliğinden çıkarak gazın boşluğa veya düşük basınçlı bir ortama yayılmasına **efüzyon** denir (Görsel 2.16). Gazlar difüzyon ve efüzyon sonucunda çabuk karışır. Gazların difüzyon ve efüzyon hızı gaz moleküllerinin kinetik enerjilerine bağlıdır.



Görsel 2.16: Gazların efüzyonu

BİLİYOR MUSUNUZ?

Thomas Graham (Tamıs Gırehem), 1832 yılında aynı sıcaklık ve basınçta gazların difüzyon hızlarının mol kütlelerinin karekökleriyle ters orantılı olduğunu bulmuştur.

Gazların kinetik enerjisi sıcaklık değişiminden etkilenir. Sıcaklık arttıkça kinetik enerji de artar. Kinetik enerjinin formülü aşağıda verilmiştir:

$$E_K = \frac{3}{2}kT$$

Formüldeki "k" Boltzman sabitidir.

Kinetik teoriye göre aynı ortamdaki gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjileri eşittir. Bir gazın mutlak sıcaklığı gazın ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür. **Kinetik teori** sıcaklıkları aynı olan gazların ortalama kinetik enerjilerinin de eşit olduğunu ifade eder.

Kinetik enerji ile hız arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

İki farklı gaz molekülünün difüzyon ve efüzyon hızları kinetik enerji formülünden yararlanılarak karşılaştırılabilir. Aynı sıcaklıkta iki farklı gaz molekülü X ve Y olarak alındığında

E_{K_X}: X molekülünün ortalama kinetik enerjisi

E_{K_Y}: Y molekülünün ortalama kinetik enerjisi

X ve Y moleküllerinin ortalama kinetik enerjileri de eşit olur.

$$E_{K_X} = E_{K_Y}$$

$$\cancel{\frac{1}{2}} m_X v_X^2 = \cancel{\frac{1}{2}} m_Y v_Y^2$$

$$\frac{v_X^2}{v_Y^2} = \frac{m_Y}{m_X}$$

m_Y : Y gazı taneciğinin kütlesi
m_X : X gazı taneciğinin kütlesi

$$\frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{m_Y}{m_X}}$$

v_X : X gazının ortalama yayılma hızı
v_Y : Y gazının ortalama yayılma hızı

Gazların mol kütleleri molekül kütlelerinin yerine yazıldığında

$$\frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{M_{A_Y}}{M_{A_X}}}$$

eşitliği elde edilir.

Gaz moleküllerinin hızı ile molekül kütleleri arasındaki bağıntıya **Graham Difüzyon Yasası** denir.

$$E_K = \frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mv^2 \qquad v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

Denklem, bir gazın ortalama hızının (v) Kelvin cinsinden sıcaklığının kareköküne bağlı olarak artacağını gösterir. Matematiksel olarak "m" paydadadır. Bu durumda gazın kütlesi arttıkça (gaz ağırlaştıkça) "v" azalacağından moleküller daha yavaş hareket eder.

Sıcaklık difüzyon ve efüzyon hızını etkiler. Aşağıdaki eşitliklerden yararlanarak farklı iki gazın difüzyon ve efüzyon hızı yasası türetilebilir.

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

$$\frac{v_X}{v_Y} = \frac{\sqrt{\frac{3kT_X}{m_X}}}{\sqrt{\frac{3kT_Y}{m_Y}}} = \sqrt{\frac{\cancel{3k}T_X}{m_X}\frac{m_Y}{\cancel{3k}T_Y}}$$

$$\frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{T_X m_Y}{T_Y m_X}} \text{ veya } \frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{T_X M_{A_Y}}{T_Y M_{A_X}}}$$

Sıcaklıkları farklı olan iki farklı gazın efüzyon ve difüzyon hızları karşılaştırıldığında gaz moleküllerinin hızının mutlak sıcaklığın kareköküyle doğru, mol kütlesinin kareköküyle ters orantılı olduğu görülür.

Gazların yayılma hızı arttıkça efüzyon ve difüzyon süreleri kısalır. Mol kütlesi küçük olan gaz daha hızlı ve daha kısa sürede yayılır. Örneğin aynı sıcaklıkta helyum (^{4}He) gibi küçük mol kütlesine sahip bir gaz ile ksenon (^{131}Xe) gibi büyük mol kütlesine sahip bir gazın ortalama kinetik enerjileri eşittir. Ancak Helyum gazının mol kütlesi, ksenon gazının mol kütlesinden küçük olduğundan helyum gazının hızı daha fazladır.

Graham Difüzyon Yasası, gaz moleküllerinin yayılma süreleri dikkate alındığında genel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\frac{v_X}{v_Y} = \sqrt{\frac{T_X M_{A_Y}}{T_Y M_{A_X}}} = \sqrt{\frac{d_Y}{d_X}} = \frac{t_Y}{t_X}$$

t_X: X gazının yayılma süresi

t_Y: Y gazının yayılma süresi

d_X: X gazının özkütlesi

d_Y: Y gazının özkütlesi

Graham Difüzyon Yasası'ndan anlaşılacağı gibi gazın özkütlesi ne kadar büyükse yayılma hızı yavaş, geçen yayılma süresi fazladır.

2.4. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Difüzyon

DENEYİN AMACI **Süre:** 40 dakika

Gazların yayılma hızlarını karşılaştırabilme.

Yönerge: Aşağıdaki basamakları uygulayarak deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

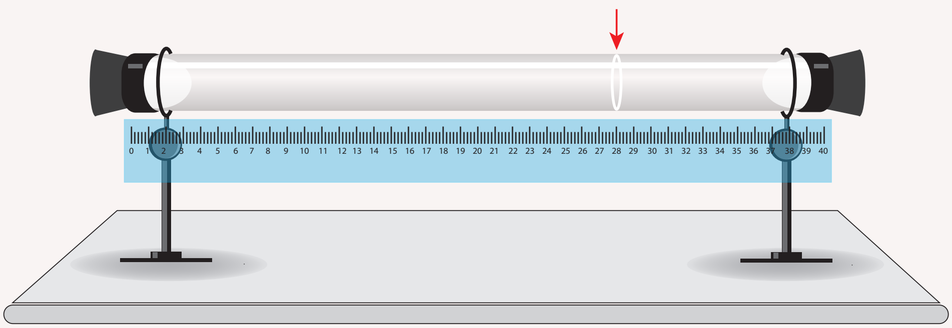
Araç Gereç: Derişik HCl çözeltisi, derişik NH_3 çözeltisi, 2 adet tıpa, 2 adet damlalık, pamuk, cetvel , 40-50 cm cam boru.

DENEYİN BASAMAKLARI

1. Deney düzeneğini görseldeki gibi hazırlayınız. Cam borunun içine girebilecek büyüklükte iki adet pamuk parçası alınız.
2. Pamuklardan birine 4 damla HCl, diğerine 4 damla NH_3 damlatınız. Pamukları cam borunun uçlarına yerleştirerek borunun uçlarını tıpa ile hemen kapatınız.
3. Bir süre sonra cam borunun içinde beyaz halka oluşur. Beyaz halkanın görüldüğü yeri işaretleyiniz.
4. Beyaz halkanın pamuklara olan uzaklığını cetvelle ayrı ayrı ölçünüz.

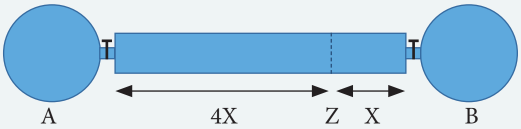
DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Deneyden elde ettiğiniz gözlemleri not ediniz. Notlarınız doğrultusunda edindiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışınız.
2. Deneyden elde ettiğiniz sonuçlara göre difüzyon hızı nelere bağlı olabilir? Açıklayınız.
3. Cam boruda oluşan beyaz halka, pamuklara damlatılan maddelerden hangisine daha yakındır? Nedenini yazınız.



ÖRNEK ÇÖZÜM

1. A ve B gazlarının muslukları aynı anda açılınca gazlar Z noktasında karşılaşıyor. **A'nın sıcaklığı 200 K olduğuna göre B'nin sıcaklığı nedir?**
(A = 2 g/mol, B = 16 g/mol)



Çözüm

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{T_A M_{A_B}}{T_B M_{A_A}}}$$

$$\frac{4}{1} = \sqrt{\frac{200 \cdot 16}{T_B \cdot 2}}$$

$T_B = 100$ K

2.3. YORUM SİZDE Difüzyon

Yönerge: Aşağıdaki görsel ve metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.



Şeker fabrikası

Türkiye'de şeker üretimi, şeker fabrikalarında pancar ve mısırdan yapılmaktadır. Türkiye'de ilk pancar şekeri fabrikası 1926 yılında Uşak'ta kurulmuştur.

Şeker fabrikası olan şehirlerde eylül-ekim aylarında bütün şehre bir koku yayılır. Bu koku, işlenen şeker pancarının kokusudur. Bu kokuya şeker pancarındaki bazı maddeler sebep olur.

1. **Şeker fabrikasından yayılan bu koku fabrikadan kilometrelerce uzağa nasıl ulaşır?**

2. **Kokunun tüm şehre yayılması hangi olayla açıklanabilir?**

3. **Bu olaya benzer başka örnekler yazınız.**

KAYNAK

Graham Difüzyon Kanunu ile ilgili

https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_tr.html

adresini ziyaret edebilirsiniz.

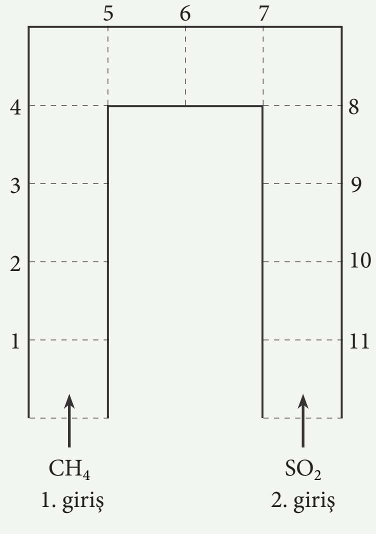
ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Nil, difüzyon deneyi için oluşturduğu düzenekte aynı koşullarda cam borunun bir ucundan SO_2, diğer ucundan X gazını eş zamanlı gönderir. Deney sonucunda elde ettiği verilerle aşağıdaki tabloyu oluşturur.

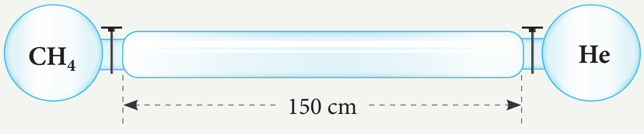
Gazların Mol Sayısı	1. dakika	2. dakika
SO_2 gazının mol sayısı	0,1 mol	0,2 mol
X gazının mol sayısı	0,2 mol	0,4 mol

Buna göre X gazının mol kütlesini bulunuz. (SO_2: 64 g/mol)

2. Aşağıdaki gibi eşit olarak bölünmüş borunun 1 numaralı ucundan CH_4, 2 numaralı ucundan SO_2 eş zamanlı gönderilirse gazlar hangi sayının olduğu noktada karşılaşır?
(CH_4: 16 g/mol, SO_2: 64 g/mol)



3. Şekildeki 150 cm uzunluğundaki borunun bir ucundan CH_4, diğer ucundan He gazı aynı anda bırakılıyor. **Aynı sıcaklıkta CH_4 gazı boru içinde kaç cm yol alır?** (H: 1 g/mol, He: 4 g/mol, C: 12 g/mol)



4. BÖLÜM

2.4. GAZ KARIŞIMLARI

Neleri Bilmelisiniz?

- İdeal gaz yasasını,
- Gazların betimlenmesinde kullanılan özellikleri,
- Mol hesaplamalarını bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- Gaz karışımlarının kısmi basınçlarını günlük hayattan örneklerle açıklayabilmeyi,
- Sıvıların doygun buhar basınçlarını kısmi basınç kavramıyla ilişkilendirerek su üzerinde toplanan gazlarla ilgili hesaplamalar yapabilmeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- **Hava bir gaz karışımıdır. Karışımdaki gazlardan birinin miktarı artarsa gaz basıncı nasıl değişir?**

2.4.1. GAZ KARIŞIMLARININ KISMİ BASINÇLARI



Görsel 2.17: *Dalış tüpü kullanan dalgıç*

Dalgıçlar su altında nefes alabilmek için dalış tüpleri kullanır (Görsel 2.17). Dalış tüpleri bilinenin aksine saf oksijenle doldurulmaz. Dalış tüplerinin doldurulmasında gaz karışımı olarak atmosferik hava kullanılması yaygındır. Atmosferik hava %21 oksijen, %78 azot ve başta argon olmak üzere %1 de diğer eser gazlardan oluşur. Bu gazların uyguladığı basınç atmosfer basıncını oluşturur. Gazların her birinin uyguladığı basınç birbirinden farklıdır.

Karışımdaki gazların neden farklı basınç uyguladığını açıklayınız.

2.4. YORUM SİZDE — Gaz Karışımı

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

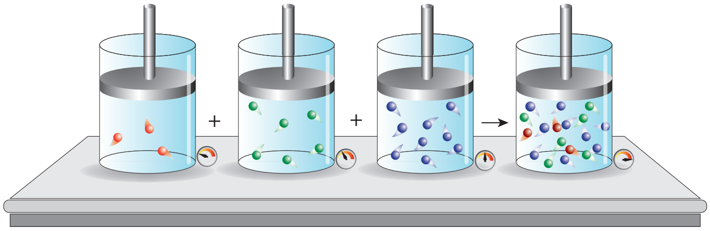
Hava bir gaz karışımıdır. Deniz seviyesinde, atmosferi oluşturan gazların toplam basıncının 760 mmHg olması gerekir. Atmosferin yaklaşık %78'i azot gazı olduğu için azot gazının uygulayacağı basınç 593 mmHg'dır. Oksijen gazı da atmosferin yaklaşık %21'ini oluşturur ve 152 mmHg'lık basınç uygular. Atmosferdeki diğer gazların basıncı da 15 mmHg'dır.

1. **Gaz karışımının toplam basıncı nasıl hesaplanabilir?**

2. **Karışımdaki her bir gazın basıncını belirleyen nedir?**

John Dalton (Con Daltın) yaptığı çalışmalarla gaz karışımının basıncının nasıl hesaplanabileceğini bulmuş ve Kısmi Basınçlar Yasası'nı ileri sürmüştür. Dalton'a göre gaz karışımındaki her bir gaz bulunduğu kabı kaplayacak kadar yayılır. Gazlar bulundukları kaba tek başına ne kadar basınç uygularsa gaz karışımında da aynı basıncı uygular. Her bir gazın kaba uyguladığı basınca **kısmi basınç** denir. Dalton Kısmi Basınçlar Yasası'na göre gaz karışımında tepkimeye girmeyen gazların uyguladığı toplam basınç her bir gazın kısmi basınçlarının toplamına eşittir.

Görsel 2.18'deki A, B ve C gazlarının kısmi basınçları P_A, P_B ve P_C; gazların toplam basıncı ise $P_T = P_A + P_B + P_C$'dir.



Görsel 2.18: *Gaz karışımının toplam basıncı*

Tepkimeye girmeyen A, B ve C gazları aynı koşullarda birbirinden bağımsız hareket eder. Hareket eden gaz molekülleri kap içinde eşit alana sahiptir. Her gaz birbirinden bağımsız olarak bulunduğu kabın çeperine çarparak basınç uygular. Toplam basınç, birim alana düşen çarpışma sayısının sonucudur.

A, B ve C gazları birbirinden bağımsız hareket ettiğinden gaz karışımındaki gazlara ideal gaz denklemi uygulanabilir.

$P_AV = n_ART$ $\qquad$ $P_BV = n_BRT$ $\qquad$ $P_CV = n_CRT$

Her bir gazın kısmi basınç formülü toplam basınç formülüne oranlanırsa aşağıdaki bağıntılar bulunur.

$$\frac{P_A \cancel{V}}{P_T \cancel{V}} = \frac{n_A \cancel{RT}}{n_T \cancel{RT}} \qquad \frac{P_B \cancel{V}}{P_T \cancel{V}} = \frac{n_B \cancel{RT}}{n_T \cancel{RT}} \qquad \frac{P_C \cancel{V}}{P_T \cancel{V}} = \frac{n_C \cancel{RT}}{n_T \cancel{RT}}$$

$$\frac{P_A}{P_T} = \frac{n_A}{n_T} \qquad \frac{P_B}{P_T} = \frac{n_B}{n_T} \qquad \frac{P_C}{P_T} = \frac{n_C}{n_T}$$

Gaz karışımındaki bir gazın mol sayısının karışımdaki gazların toplam mol sayısına oranına **mol kesri** denir. Mol kesri X ile gösterilir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$X_A = \frac{n_A}{n_T} \qquad X_B = \frac{n_B}{n_T} \qquad X_C = \frac{n_C}{n_T}$$

Gaz karışımındaki gazların mol kesirleri toplamı 1'e eşittir.

$$X_A + X_B + X_C = 1$$

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 8 g oksijen, 21 g azot ve 2 g hidrojenden oluşan bir gaz karışımının toplam basıncı 2 atm'dir. **Bu karışımın içindeki oksijen gazının kısmi basıncını bulunuz.** (O_2: 32g/mol, N_2: 28 g/mol, H_2: 2 g/mol)

Çözüm

Gazların mol kesirleri

$$n = \frac{m}{M_A} \Rightarrow n_{O_2} = \frac{8}{32} = 0{,}25 \text{ mol}$$
$$n = \frac{m}{M_A} \Rightarrow n_{N_2} = \frac{21}{28} = 0{,}75 \text{ mol}$$
$$n = \frac{m}{M_A} \Rightarrow n_{H_2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ mol}$$

$$n_T = n_{O_2} + n_{N_2} + n_{H_2}$$
$$n_T = 0{,}25 + 0{,}75 + 1 = 2 \text{ mol}$$

$$X_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_T} = \frac{0{,}25}{2} = 0{,}125$$
$$P_{O_2} = X_{O_2} \cdot P_T$$
$$P_{O_2} = 0{,}125 \cdot 2 = 0{,}25 \text{ atm}$$

BİLİYOR MUSUNUZ?

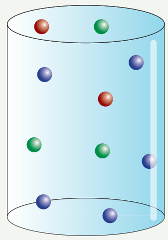
Doğal gaz, yer altından birçok gaz ve sıvının karışımı olarak çıkar. Bu karışım %90 metan (CH_4), %5 etan (C_2H_6), %3 propan (C_3H_8), %1 bütan (C_4H_{10}) ve %1 diğer hidrokarbonları içerir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Yandaki kapta üç farklı gaz bir arada bulunmaktadır. Sabit hacim ve sıcaklıkta toplam basınç 2 atm ise

   a) Gazların mol kesirlerini hesaplayınız.

   b) Gazların kısmi basınçlarını hesaplayınız.



A gazı: 2 mol
B gazı: 3 mol
C gazı: 5 mol

2. Siklopropan gazı (C_3H_6) ve oksijen gazının (O_2) 1/4 mol oranındaki karışımı, yaygın olmasa da anestezik gaz olarak kullanılır.

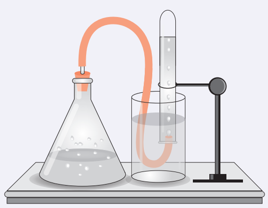
   0 °C'ta 11,2 atm'e kadar basınçlandırılmış 2 L'lik çelik kaptaki her bir gazın kütlesi ne kadardır?
   (H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

SU ÜZERİNDE TOPLANAN GAZLAR

Kimyasal tepkimede açığa çıkan gaz miktarının yoğunluğu çok küçük olduğundan gazı toplamak ve gazın kütlesini ölçmek çok kolay değildir. Açığa çıkan gaz, suda çözünmüyor ve su ile tepkime vermiyorsa oluşturulacak bir düzenek ile gazın kütlesi belirlenebilir. Bu düzenekte su ile gazın yer değiştirmesi ve su üzerinde toplanmasından faydalanılır.

2.5. YORUM SİZDE **Su Üzerinde Toplanan Gaz**

Yönerge: Aşağıdaki görsel ve metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.



Gazların su üzerinde toplanması konusunu işleyen Zeynep Öğretmen öğrencilerinden bu konuyla ilgili bir deney yapmalarını ister. Emir ile arkadaşları yandaki düzeneği hazırlarlar. Erlenmayere sirke ve kabartma tozu koyarak deneyi başlatırlar. Tepkimede oluşan karbon dioksit gazı su üzerinde toplandığında deneyi sonlandırırlar. Zeynep Öğretmen deneyle ilgili aşağıdaki soruları sorar. Emir ve arkadaşlarının sorulara verecekleri doğru cevaplar ne olmalıdır?

1. Su üzerinde toplanan karbon dioksit gazının hacmi nasıl ölçülebilir?

2. Suyun üzerinde toplanan gazların toplam basıncını etkileyen faktörler nelerdir?

3. Suyun buhar basıncı sıcaklık değişiminden nasıl etkilenir?

Su üzerinde toplanan gazların kütlesini ölçmekte kullanılacak deney düzeneğini hazırlamak oldukça basittir. Düzenek tepkimenin gerçekleşeceği bir kap, suyla doldurulmuş bir beher (ya da su banyosu) ve bir gaz toplama kabından oluşur. Hortumun bir ucu tepkime kabına takılır, diğer ucu ise ters çevrilmiş gaz toplama kabının içine daldırılır. Gaz oluştuğunda su ile gaz yer değiştirir.

Toplama kabındaki gazın hacmi gazla yer değiştiren su miktarına bakılarak belirlenebilir. Toplanan gazın hacmi ve mol sayısı gaz yasaları kullanılarak hesaplanabilir. Gaz toplandığı sırada kaptaki su seviyesi kabın içindeki ve dışındaki basınçla aynı olur. Bu nedenle atmosfer basıncı biliniyorsa toplama kabındaki gazın basıncı da bilinir.

Toplama kabındaki basıncın bir kısmı toplanan gaz ve su buharından kaynaklanır. Su bulunan kabın yüzeyinden ayrılan su molekülü sayısı ile geri dönen su buharı molekül sayısı aynı olduğunda sıvı ve buhar dengesi kurulur. Sıvı ve buharın dengeye ulaştığı duruma **doygun buhar basıncı** veya **denge buhar basıncı** denir. Suyun denge buhar basıncı sıcaklığa bağlıdır. Dalton Kısmi Basınçlar Yasası'na göre kaptaki toplam basınç, toplanan gaz ve su buharının basınçlarının toplamına eşittir.

$P_T = P_{gaz} + P_{su}$

Denklem, toplanan gazın basıncını hesaplamak için kullanılabilir. Toplanan gazın basıncı bilinirse ideal gaz yasası kullanılarak gazın mol sayısı da hesaplanabilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Potasyum klorat ($KClO_3$) ısıtıldığında su üzerinde oksijen gazı toplanır. **19 °C'ta su üzerinde toplanan oksijen gazının kısmi basıncını hesaplayınız.** (19 °C'ta P_{H_2O}: 16,48 mmHg, P_{atm}: 760 mmHg).

Çözüm

$KClO_3(k) \rightarrow KCl(k) + 3/2O_2(g)$

$P_T = P_{gaz} + P_{su}$

$760 = P_{gaz} + 16,48$

$P_{gaz} = 760 - 16,48$

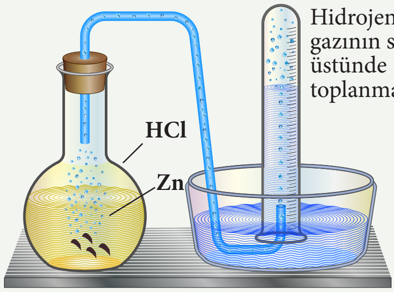
$P_{gaz} = 743,52$ mmHg olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Yandaki görselde görüldüğü gibi cam balondaki hidroklorik asit ile çinkonun tepkimesi sonucunda su üzerinde hidrojen gazı toplanıyor.

$2HCl(s) + Zn(k) \rightarrow ZnCl_2(k) + H_2(g)$

23 °C'ta atmosfer basıncı 751,9 mmHg olduğuna göre hidrojen gazının kısmi basıncını hesaplayınız. (23 °C'ta suyun buhar basıncı 21.33 mmHg'dır.)





5. BÖLÜM

2.5. GERÇEK GAZLAR

Neleri Bilmelisiniz?

- İdeal gazları,
- Saf maddelerin hâl değişim grafiklerini,
- Kinetik enerjiyi bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- Gazların sıkışma-genleşme sürecinde gerçek gaz ve ideal gaz kavramları karşılaştırılırken gerçek gazların hangi durumlarda ideallikten saptığını belirtebilmeyi,
- Karbon dioksidin ve suyun faz diyagramını açıklayarak buhar ve gaz kavramları arasındaki farkı (Suyun farklı kristal yapılarını gösteren faz diyagramlarına girilmez.) vurgulayabilmeyi,
- Günlük hayatta yaygın kullanılan ve gerçek gazların hâl değişimlerinin uygulamaları olan soğutma sistemlerini (Joule-Thomson olayı) örnekleriyle açıklayabilmeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- Mutfakta ve sanayide kullanılan LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) tüplerindeki propan ve bütan sıvı hâldedir. Normal şartlarda gaz hâlde bulunan propan ve bütan nasıl sıvı hâle getirilmiş olabilir?

2.5.1. GERÇEK GAZLAR VE İDEAL GAZ



***Görsel 2.19:** Doğal gazın tankerle taşınması*

Yakıt olarak kullanılan doğal gazın sıcaklığı atmosfer basıncında -161 °C'un altına indirildiğinde doğal gaz sıvılaşır. Sıvı hâle geçtiğinde doğal gazın hacmi 600 kat küçülür ve doğal gaz özel tasarlanmış tankerlerle deniz aşırı ülkelere taşınabilecek hâle gelir (Görsel 2.19).

Doğal gazın taşınmasında gaz moleküllerinin hangi özelliğinden yararlanılır? Bütün gazlar sıvılaştırılabilir mi?

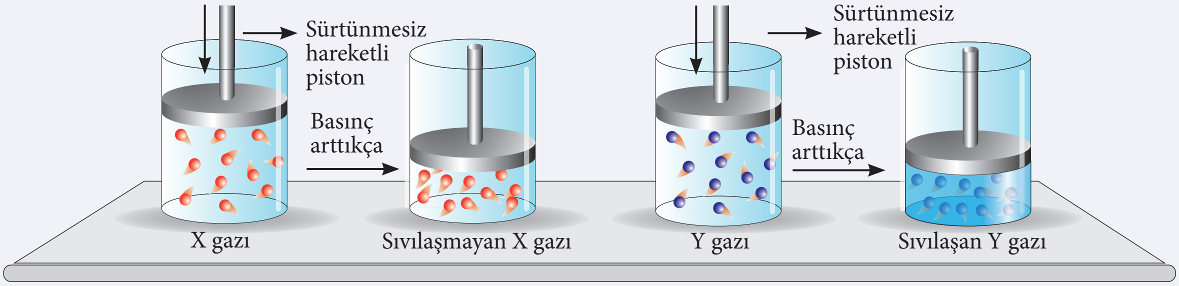
Gaz moleküllerinin davranışlarını açıklayan kinetik teoriye göre gerçek gazların davranışı ideal gaz davranışından farklıdır.

İdeal gazlar

- Molekülleri arasında birbirinin davranışından etkilenmeyen ve aralarında çekim kuvvetlerinin olmadığı varsayılan gazlardır.
- Gaz moleküllerinin hacmi çok küçük olduğundan kap hacmi yanında ihmal edilebilir.

2.6. YORUM SİZDE — Hangisi Gerçek Gaz

Yönerge: Aşağıdaki görselden yararlanarak soruları cevaplayınız.

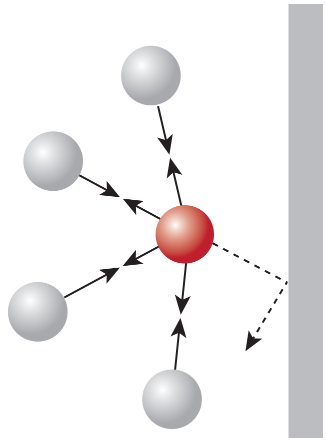


25 °C'ta sürtünmesiz hareketli pistonla kapatılmış iki silindir kap içinde belli miktarda X ve Y gazları bulunuyor.

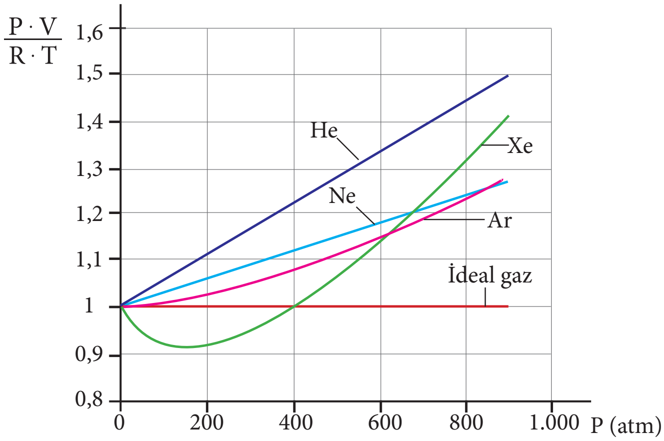
1. **Basınç arttığında Y gazının sıvılaşmasının nedenini açıklayınız.**
2. **Moleküller arası etkileşim hangi gazda daha fazladır?**
3. **İdeal ve gerçek gaz hangisidir?**

Yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta gerçek gazların molekülleri birbirine yaklaşır. Gaz molekülleri arasındaki çekme kuvvetinin etkin olduğu durumda gaz sıvı hâle geçer.

Moleküller arası etkileşimin olduğu ve moleküllerin birbirinden etkilendiği gazlara **gerçek gazlar** denir. Gerçek gazlarda gaz moleküllerinin hacmi ihmal edilemez. Gaz molekülleri birbirinin davranışından etkilenir. Görsel 2.20'de görüldüğü gibi gri moleküllerin kırmızı moleküle uyguladığı çekim kuvveti, kırmızı molekülün çepere uygulayacağı kuvveti azaltır. Buna göre gazların kinetik teorisine ve gaz yasalarına uyan gazlar ideal, doğadaki gazlar ise gerçek gazlar olarak tanımlanabilir. Gerçek ve ideal gazların PV/RT oranlarının basınçla değişimi de farklıdır (Grafik 2.5).



***Görsel 2.20:** Gaz moleküllerinin davranışı*



***Grafik 2.5:** Farklı gazların PV/RT oranının basınçla değişimi*

1 mol gaz için PV/RT'ye karşı basınç grafiği incelendiğinde 1 mol ideal gaz için PV/RT = 1 olduğu görülür.

Gerçek gazlar için PV/RT değeri 1'den sapar çünkü yüksek basınç ve düşük sıcaklık etkisinde gaz molekülleri arasındaki etkileşimler gaz moleküllerinin kap çeperine çarpma etkisini azaltır. Bu durum da gaz basıncının ideal gazınkinden daha düşük olmasına ve PV/RT değerinin düşmesine neden olur. Moleküller arası etkileşimin artması ve moleküllerin birbirine yaklaşması gazları sıvılaştırır. Molekül kütlesinin artması da moleküller arası kuvvetlerin artmasına ve gazın ideallikten sapmasına neden olur.

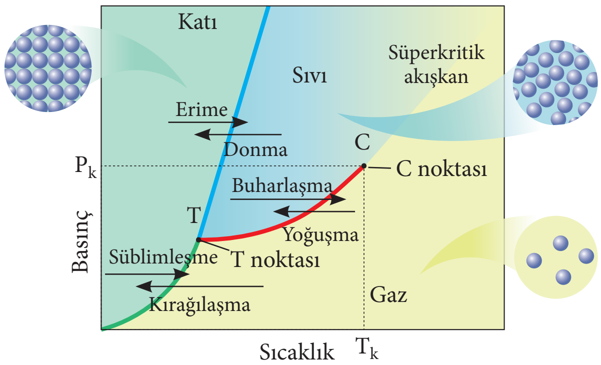
Gerçek gazlar

- Yüksek sıcaklık ve düşük basınçlarda idealliğe yaklaşır.
- Düşük sıcaklık ve yüksek basınçlarda ideallikten uzaklaşır.

FAZ DİYAGRAMLARI

Buz pateni sporcusu buz üzerinde kayarken patenlerinin altında ince bir su filmi oluşur. Oluşan su filmi sporcunun buz üzerindeki hareketini kolaylaştırır.

Buz pateni sporcusu soğuk bir ortamda ve buz üzerinde kayarken su nereden gelmiş olabilir?



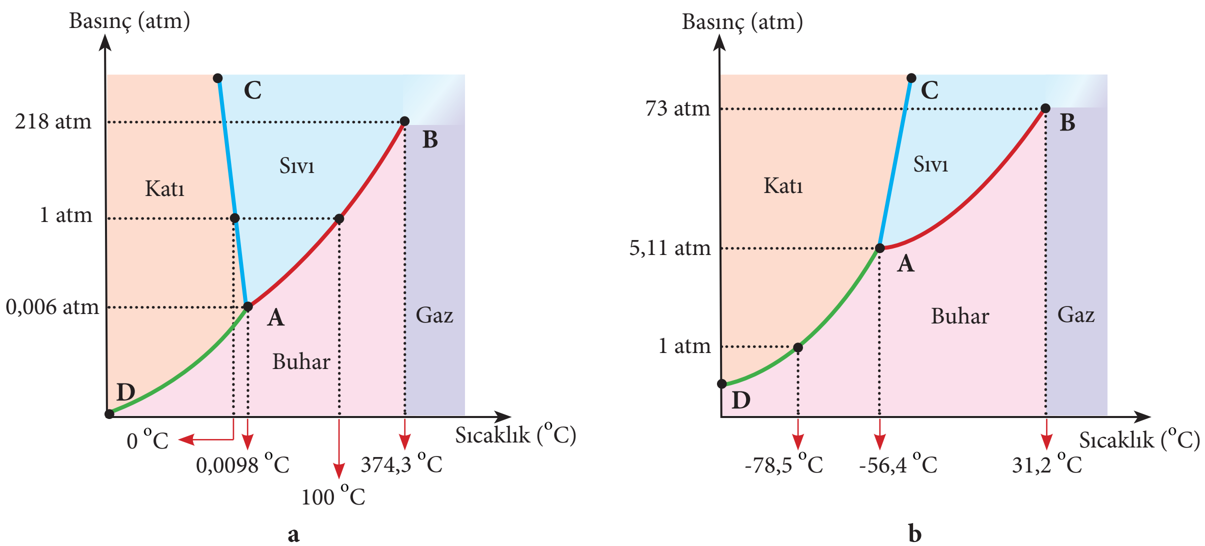
Grafik 2.6: Faz diyagramı

Belirli bir maddenin katı, sıvı ve gaz fazları arasındaki bağıntı faz diyagramı ile ifade edilir. Maddenin faz değişikliklerinin sıcaklık ve basınca bağlı gösterildiği diyagrama **faz diyagramı** denir. Faz diyagramları basıncın (y ekseninde) ve sıcaklığın (x ekseninde) bir fonksiyonu olarak maddenin fiziksel hâlini belirtir.

Bir faz diyagramında bölgeler, noktalar ve çizgiler bulunur. İki bölgeyi ayıran çizgi, bölgelerin hangi koşullar altında bulunduğunu ve faz sınırını; çizgilerin tam üzerine gelen noktalar, maddenin iki fazının bir arada olduğunu gösterir (Grafik 2.6). Grafikteki çizgi ve noktaların karşıladığı ifadeler aşağıda verilmiştir.

- **Yeşil çizgi (süblimleşme-kırağılaşma eğrisi):** Maddenin katı fazından buhar fazına ya da buhar fazından katı faza geçtiği sıcaklık ve basınç değerlerini gösterir.
- **Kırmızı çizgi (buharlaşma-yoğuşma eğrisi):** Maddenin sıvı fazından buhar fazına ya da buhar fazından sıvı faza geçtiği sıcaklık ve basınç değerlerini gösterir.
- **Mavi çizgi (erime-donma eğrisi):** Maddenin katı fazından sıvı fazına ya da sıvı fazından katı faza geçtiği sıcaklık ve basınç değerlerini gösterir.
- **T noktası (üçlü nokta):** Üç eğrinin birleştiği noktaya denir. Burası denge noktasıdır. Maddenin üç fazı bu noktada dengede bulunmaktadır.
- **Kritik nokta:** C noktasıdır.
- **Kritik sıcaklık (T_k):** Kritik sıcaklığın üstünde ne kadar basınç uygulanırsa uygulansın maddenin buharının sıvılaştırılamadığı görülür. Maddelerin kritik sıcaklığı birbirinden farklıdır. Örneğin suyun kritik sıcaklığı 374,3 °C (Grafik 2.7 a), CO_2 gazının 31.2 °C'tur (Grafik 2.7 b).
- **Kritik basınç (P_k):** Kritik sıcaklığa karşılık gelen basınçtır. Örneğin suyun kritik basıncı 218 atm (Grafik 2.7 a), CO_2 gazının basıncı 73 atm'dir (Grafik 2.7 b).

Suyun ve Karbon Dioksidin Faz Diyagramı



Grafik 2.7: ***a)*** *H_2O için faz diyagramı,* ***b)*** *CO_2 için faz diyagramı*

Su ve karbon dioksitin faz diyagramları incelendiğinde diyagramlar arasındaki farkın mavi çizgilerin eğiminden kaynaklandığı görülür. Suyun faz diyagramındaki mavi çizginin eğimi basınç, karbon dioksitteki mavi çizginin eğimi ise sıcaklık tarafına doğrudur. Mavi çizgilerin eğim yönündeki farkı, o maddenin sıcaklık ve basıncının erime-donma noktası üzerindeki etkisini ifade eder. Suyun katı hâli olan buz, basınçla sıvılaşabilmektedir. Buzlu yoldan giden arabaların lastiklerinin geçtiği yerlerdeki buzların erimesi bu nedenledir. Kuru buzun (karbon dioksidin katı fazı) ise basınçla sıvılaşamadığı, katı fazdan süblimleşerek buhar fazına geçtiği görülür.

Faz diyagramlarında görüldüğü gibi sıcaklık-basınç koşulları maddenin katı, sıvı ve gaz fazlarının belirlenmesinde etkilidir. Bilindiği gibi sıvılar her sıcaklıkta buharlaşır ancak her sıvının buhar fazını gaz fazı olarak tanımlamak doğru değildir. Bir maddenin gaz fazında olduğunu belirleyebilmek için sıcaklık-basınç değerleri bilinmelidir. Ayrıca bir maddenin gaz olarak tanımlanması için maddenin belirli bir sıcaklıktan sonra sıvılaştırılamaması gerekir. Sıcaklık değerini aşan gaza ne kadar basınç uygulanırsa uygulansın gaz sıvı faza geçirilemez. Bu nokta kritik sıcaklık noktasıdır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

Yönerge: Grafik 2.7'deki verileri kullanarak tablodaki boşlukları doldurunuz.

Tablo: *H_2O ve CO_2 Maddelerinin Kritik Sıcaklık Değerleri ve Bulundukları Fazlar*

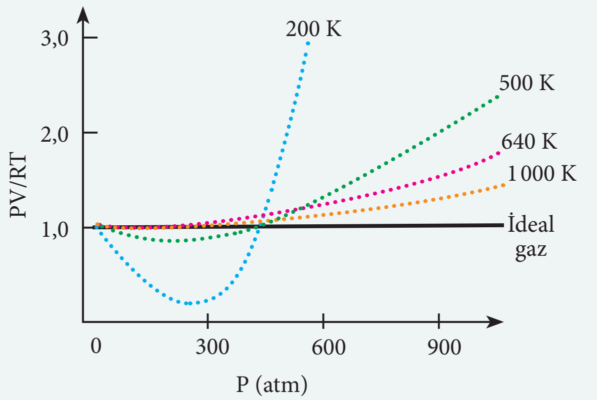
Madde	Basınç (atm)	Kritik Sıcaklık Değeri (°C)	Bulunduğu Faz
H_2O	0,006	374,3	100°C'ta ....
CO_2	1	31,2	100°C'ta ....
CO_2	5,11	31,2	-78,5°C'ta ....

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Yanda CH_4 gazının PV/RT-basınç grafiği verilmiştir. **Grafiğe göre CH_4 gazı hangi koşullarda ideale yaklaşır?**

Çözüm

Yüksek sıcaklık ve düşük basınç gazın ideale yaklaşmasını sağlar. Grafikte de görüldüğü gibi 1 000 K sıcaklık ve 1 atm basınçta CH_4 gazı ideale yaklaşmıştır.



2. Yandaki faz diyagramında X maddesi başlangıçta 175 °C ve 925 mmHg basınçtadır.

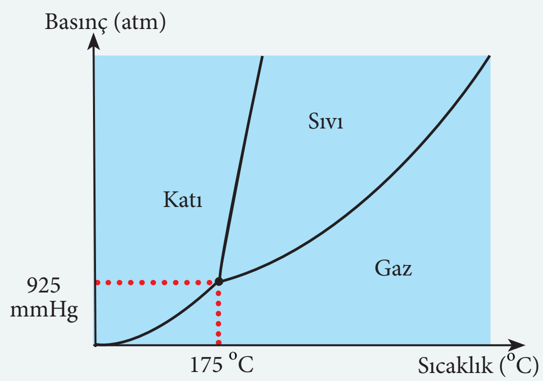
a) X maddesi verilen değerlerde hangi fazda bulunur?

b) Sıcaklık sabit tutularak basınç 760 mmHg'ya düşürüldüğünde X maddesi hangi faza geçer?

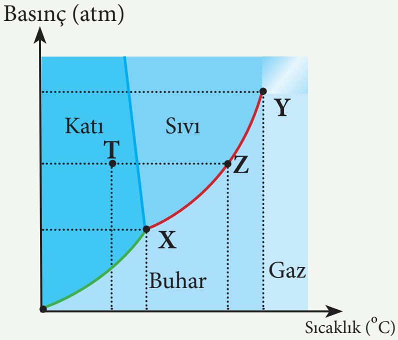
Çözüm

a) X maddesi verilen değerlerde üçlü noktada bulunur.

b) Sıcaklık sabit tutularak basınç 760 mmHg'ya düşürüldüğünde X maddesi katı hâlden gaz hâle geçer.



ÇÖZEREK ÖĞRENİN



1. **Yandaki faz diyagramında verilen X, Y, Z ve T noktalarının hangi ifadelere karşılık geldiğini yazınız.**

   X: .... Y: ....

   Z: .... T: ....

2. **Gerçek gazların özelliklerini yazınız.**

3. **Aynı sıcaklık ve basınçta Ne, N_2, CH_4 gazlarından hangisinin davranışı ideal gaza en yakındır? Nedenini açıklayınız.** (CH_4: 16 g/mol, Ne: 20 g/ mol, N_2: 28 g/mol)

2.7. YORUM SİZDE Kimya Mühendisi

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Murat, endüstri sektöründe kimya mühendisi olarak çalışmaktadır. Murat'ın sabit hacimli bir kapta 183 atm'lik basınca sahip 98 kg azot gazına ihtiyacı vardır ancak fabrikanın stoklarında 300 K'de 100 atm'lik basınca sahip 98 kg'lık azot gazı bulunmaktadır. Murat, bulunan malzemeler ile istediği şartlarda azot gazı elde etmek için laboratuvarda çalışmalara başlar. Elindeki azot gazı taneciklerinin öz hacimlerini ve gaz tanecikleri arasındaki etkileşimleri ihmal ederek azot gazını ideal gaz kabul eder ve matematiksel işlemler yapar. Bu işlemler sonucunda 183 atm basınca ulaşabilmesi için gazı 549 K'e kadar ısıtır. Gazın sıcaklığı 549 K'e geldiğinde kabın ölçülen basıncı 183 atm'den daha düşük değer gösterir.

1. **Murat nerede hata yapmış olabilir? Gerekçesi ile açıklayınız.**

2. **549 K'de azot gazının basınç değeri 183 atm yerine neden daha düşük bir basınç değerine ulaşmıştır? Gerekçesiyle açıklayınız.**

JOULE–THOMSON OLAYI



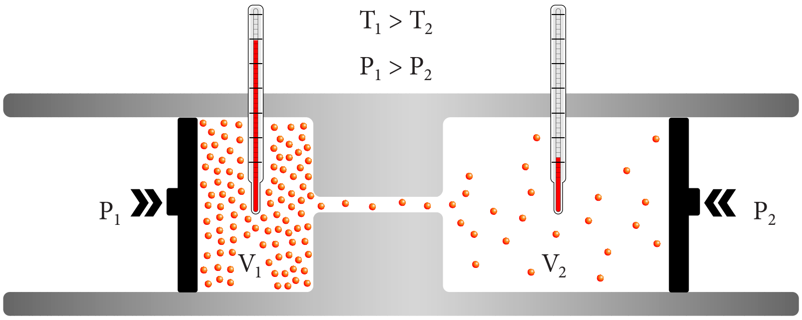
Görsel 2.21: Araba lastiğinin şişirilmesi

Güvenli bir sürüş için araba lastiğinin basıncı oldukça önemlidir. Araba lastiğinin basıncı düştüğünde basıncı yükseltmek için lastiğe hava basılır (Görsel 2.21). İşlem sırasında pompanın gaz çıkış vanası ısınırken araba lastiğinin sibobu soğur.

Bu durum gazların hangi özelliği ile açıklanabilir?

Gerçek gazlar farklı yöntemlerle sıvılaştırılabilir. Joule-Thomson (Cuul-Tamsın) olayı bu yöntemlerden biridir. Sıvılaştırılmak istenen gaza ısıca yalıtılmış bir sistemde önce yüksek basınç uygulanır. Yüksek basınç kaldırıldığında gaz genleşir. Ani genleşme gazın soğumasına neden olur. Genleşme esnasında gaz molekülleri arasındaki çekim kuvvetlerinin yenilmesi için gereken enerji, dış ortamdan alınamayacağı için gaz moleküllerinin öz ısıları kullanılır. İşlem art arda tekrarlanarak gazın sıcaklığı kritik sıcaklığın altına düşürülür. Bu olaya **Joule-Thomson olayı** denir. Bu şekilde genleştirilen gazlar hızla soğur. Soğuyan gaz bulunduğu ortamı da soğutur. Sıkıştırılan gazlar ise ısınır.

Joule-Thomson olayı, gazları sıvılaştırmak için bazı ticari soğutucularda kullanılır. Sıvılaştırılacak gaz sıkıştırılır ve küçük bir delikten geçirilerek genleşmesi sağlanır (Görsel 2.22). Genleşen gaz soğur, soğuyan gaz daha önce sıkıştırılmış gazı soğutur. Gaz sürekli sıkıştırılır ve dolaştırılırsa sıvı hâle döneceği sıcaklığa düşer. Genleşen gazların soğuması her gaz için farklı sıcaklıklarda gerçekleşir.



Görsel 2.22: *Soğutma ve Joule-Thomson etkisi*

Havadaki oksijen ve azot gazları saf olarak elde edildikten sonra Joule-Thomson olayı ile sıvılaştırılıp çelik tüplerde muhafaza edilebilir. Pek çok hastane ya da endüstriyel tesis, oksijen ve azot gazlarını bu şekilde elde etmektedir (Görsel 2.23). Joule-Thomson olayı gerçekte modern soğutma ve havalandırma işleminde önemli bir faktördür.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Düşük sıcaklıklarda gerçekleşen olayları oluşturan ve bunların uygulamalarını inceleyen bilim dalına **kriyojeni,** maddeleri soğutmak için kullanılan sıvılara da **kriyojen** adı verilir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

İlk buzdolabı, Alman mucit Karl von Linde (Karl fon Linde) tarafından 1920 yılında yapılmıştır.



Görsel 2.23: *Sıvılaştırılmış oksijen ve azot gazı depolama sistemi*

2.8. YORUM SİZDE — Yoğuşmalı Kombi

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruyu cevaplandırınız.

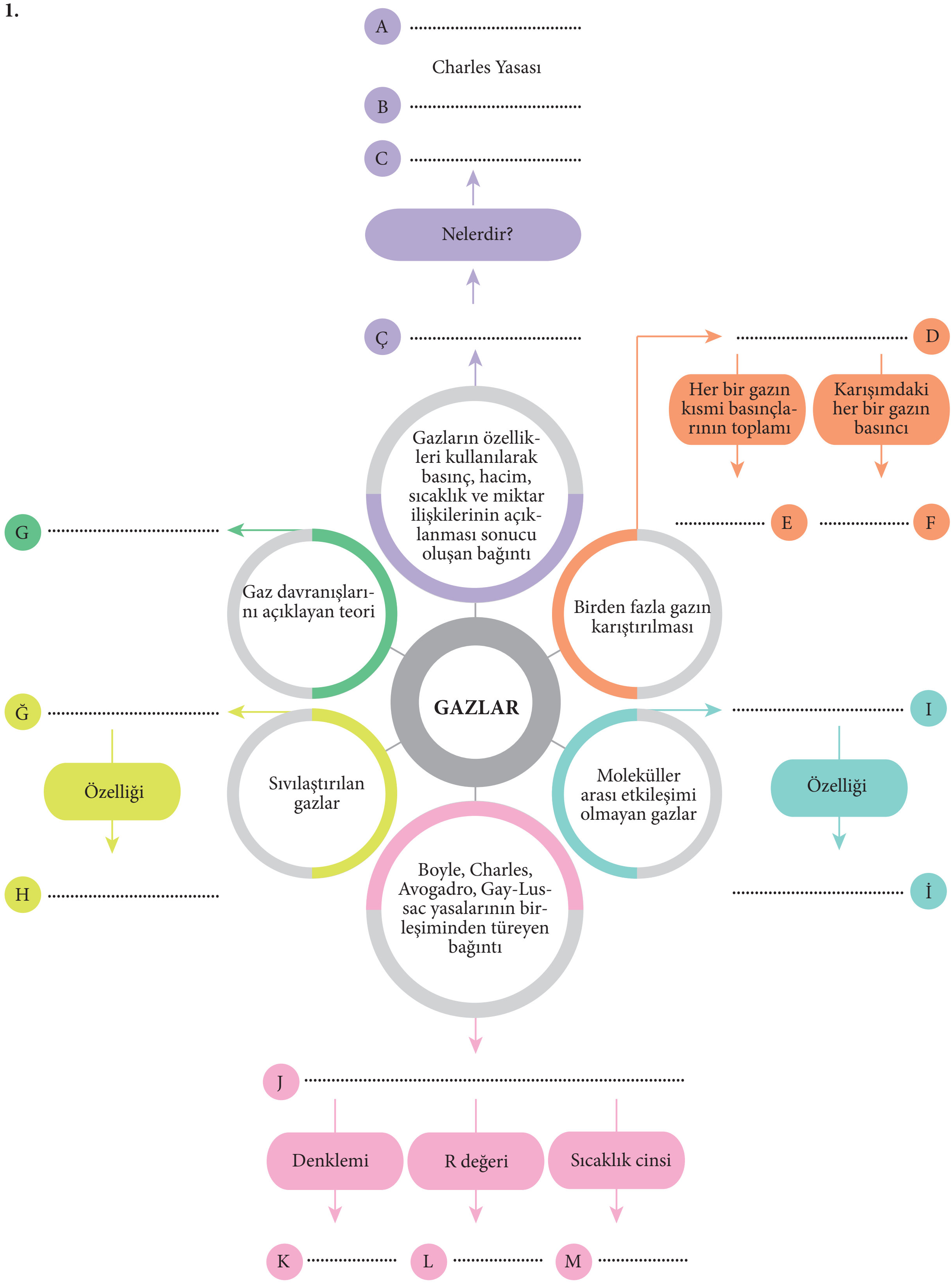
Yoğuşmalı kombiler, bacadan atacağı yüksek sıcaklıktaki yanmış gazda bulunan su buharının enerjisini kullanır. Klasik kombiler %80-90 verimle çalışırken yoğuşmalı kombiler %105-109 arasındaki verimlilikte çalışır. Yoğuşmalı kombilerde tesisat suyu sıcaklığı 50 °C'u geçmezse maksimum verim sağlanır. Ayrıca yoğuşmalı kombiler düşük emisyon değerleri ile çevreci ve doğa dostu ürünlerdir. Yoğuşmalı kombilerin kullanılması doğal gaz faturalarında aylık %30'a varan tasarruf sağlar.

1. Yoğuşmalı kombilerin çalışma prensibi gazların hangi özelliği ile ilişkilendirilir? Açıklayınız.

ÜNİTE SONU SORULARI

Gazlarla ilgili aşağıdaki kavram haritasında yer alan boşlukları uygun sözcüklerle doldurunuz.

1.



Aşağıda Romen rakamlarıyla sıralanan gaz yasalarını bağıntılı olduğu niceliklerle eşleştirerek doğru harfi ayraç içine yazınız.

2.

Harf	Gaz Yasaları	Bağıntılı Olduğu Nicelikler
( )	I. Boyle Yasası	a) n α T
( )	II. Avogadro Yasası	b)V α T
( )	III. Gay-Lussac Yasası	c) P α V
( )	IV. Charles Yasası	ç) P α T
		d) n α V

Aşağıdaki yargılar doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz yargının karşısına nedenini yazınız.

3.

	Yargılar	D/Y	Nedeni
I.	Gaz molekülleri belirli bir doğrultuda hareket eder.		
II.	İdeal gaz molekülleri arasında itme ve çekme kuvvetinin olmadığı varsayılır.		
III.	Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi sıcaklıkla ters orantılıdır.		
IV.	Kinetik teoriye uygun gazlar, gerçek gaz kabul edilir.		
V.	Kinetik teoriye göre gaz moleküllerinin toplam hacmi kabın toplam hacmi yanında ihmal edilir.		

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri verilen uygun sözcüklerle doldurunuz.

4.

basınç, difüzyon, doğru, efüzyon, ters, yoğunluklarının

Gaz moleküllerinin aynı ya da farklı gaz molekülleri arasında yayılmasına (a)…………........, küçük bir delikten boşluğa yayılmasına (b)…..…..…..….. denir. Gaz moleküllerinin yayılma hızı, molekül kütlelerinin karekökü ile (c)..........................; kinetik enerjileri, hızlarının karesiyle (ç)...............................; yayılma süreleri, (d).....................karekökü ile doğru orantılıdır.

Aşağıdaki açık uçlu soruların cevaplarını boş bırakılan alanlara yazınız.

5. Aşağıdaki hacim birimi dönüşümlerini yazınız.

a) 4 L =………….. dm^3

b) 2 400 mL =……………………. L

c) 0,2 mL = ………………. L

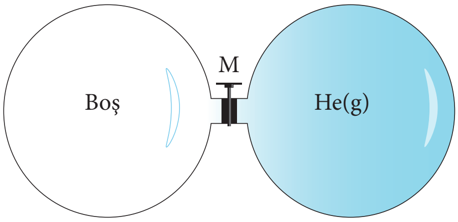
6. Aşağıdaki basınç birimi dönüşümlerini yazınız.

a) 0,4 atm = ... mmHg

b) 38 cmHg = ... atm

c) 456 mmHg = ... atm

7. Aşağıda verilen sabit sıcaklıktaki kaplar arasında bulunan M musluğu açıldığında kaplardaki son basınç kaç atm olur?



1. Kap
V = 3 L

2. Kap
V = 5 L
P = 4 atm

8. Aşağıdaki olayları gaz yasalarıyla ilişkilendirerek açıklayınız.

Olaylar	Olayın Nedeni	Olayı Açıklayan Gaz Yasası
Sıcak bir günde otomobil lastiğinin basıncının artması		
Kâğıt torbanın şişirilerek patlatılması		
Meteorolojide kullanılan balonun gökyüzüne yükseldikçe genişlemesi		
Futbol topunun soğuk havada şişkinliğinin azalması		

9. Aşağıdaki tabloda Joule-Thomson olayıyla ilişkili ifadeleri "✓" işareti ile belirleyiniz. İlişkili olmayanları gerekçesi ile açıklayınız.

İfadeler	İşaret	Gerekçe
Derin dondurucudaki gıda maddelerinin donması		
Klimanın odayı soğutması		
Güneşte bırakılan karpuzun kesildiğinde soğuması		
Bisiklet tekerleği şişirilirken sibobun soğuması		

10. İnsan metabolizması araşidonik asit ($C_{20}H_{32}O_2$) gibi yağ asitlerini biyokimyasal olarak yakar ve metabolizmanın ihtiyacı olan enerjiyi sağlar. **1 824 g'lık bu asidin ($C_{20}H_{32}O_2$) yanması için 298 K ve 1 atm'de hacimce yaklaşık %78,1 N_2 ve %20,9 O_2 içeren kaç L hava gereklidir?**
(H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

11. Araba üreticileri otomobil lastik basınçlarının belirli bir değer arasında olması, lastik basıncının her zaman soğukken ölçülmesi gerektiği bilgisini verir.

a) Bunun sebebi ne olabilir? Açıklayınız.

b) Otomobil lastiklerinin soğukken ölçülmesi hangi gaz yasasına örnek oluşturmaktadır? Açıklayınız.

12. Tuğba Hanım, oğluna ekmek yapmayı öğretmek istediği için hamur mayalar. Bir süre sonra hamur kabarır. Hamurun kabarmasını glikozun fermantasyonu sırasında oluşan gaz sağlar. Ekmek hamuru 27 °C ve 1 atm basınçta hazırlandığında oluşan bu gazın hacmi 0,75 L'dir. Hamurun sıcaklığını 47 °C'a çıkartabilmek için hamurun üzeri örtülüp hamur 1 atm basınçta mayalanmaya bırakılır.

Hamur mayalanıp pişmeye hazır hâle geldiğinde hamurun kabarmasını sağlayan gazın son hacmi kaç litreye ulaşır?

13. İdeal bir gaz için aşağıdaki tabloda verilen boşlukları doldurunuz.

P	V	n	T
1 atm	22,4 L	0,5 mol	?
0,5 atm	11,2 L	?	0 °C
?	82 mL	0,2 mol	127 °C
190 mmHg	?	0,25 mol	100 K

14. Aynı koşullardaki A gazının molekül kütlesi, B gazının molekül kütlesinin 2 katıdır. **A ve B gazlarının difüzyon hızları arasındaki ilişki denklemini yazınız.**

15. He gazı ile CH_4 gazının difüzyon hızları birbirine eşittir. **He gazının sıcaklığı 100 K olduğuna göre CH_4 ın sıcaklığı kaç °C'tur?** (H: 1g/mol, He: 4g/mol C: 12g/mol,)

16. Mısır, nişasta ve sudan oluşan bir tahıldır. Mısır tanesi en içte embriyo, ortada nişasta ve dışta kabuk olmak üzere üç katmandan oluşur. Mısır tanesi ısıtıldığında mısırın içindeki su molekülleri buhar hâline dönüşür. Buharlaşan ve hareketleri hızlanan su molekülleri mısır tanesinin içinde büyük bir basınç oluşturur. Basınca dayanamayan dıştaki kılıf yırtılır. Basınç aniden düşer. Suyun buharlaşması ile düşen basınç, nişastanın normal büyüklüğünün yaklaşık otuz katına kadar çıkmasına neden olur. Patlamanın hızı mısır tanesini beyaz mısır patlağına dönüştürür.

Mısırın patlaması, gaz yasalarından hangisi ile açıklanabilir?

17. Lavabo temizleyicilerinin içinde sodyum hidroksit ve alüminyum tozu bulunmaktadır. Karışım, tıkanmış bir lavaboya döküldüğünde 2NaOH(suda) + 2Al(k) + $6H_2O$(s) → $2NaAl(OH)_4$(suda) + $3H_2$(g) + ısı tepkimesi gerçekleşir.

Normal şartlar altında 5,4 g Al yeteri kadar NaOH ile tepkimeye girdiğinde oluşan hidrojen gazının hacmi kaç litre olur? (Al: 27 g/mol)

18. Kapalı kaptaki He ve CH_4 gazlarından oluşan karışıma bir miktar daha He gazı eklenirse **He gazının kısmi basıncı (P_{He}), CH_4 gazının kısmi basıncı (P_{CH_4}) ve toplam basınç (P_T) nasıl değişir?**

P_{He} : ………………………………

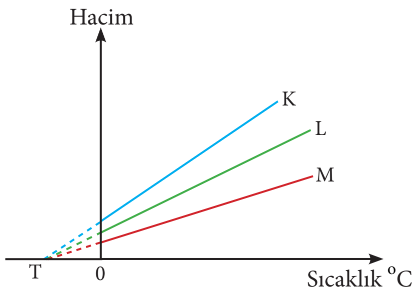
P_{CH_4}: ………………………………

P_T: ………………………………

19. Sabit sıcaklıkta su üzerinde suda çözünmeyen CH_4 gazı birikmiştir. Aynı sıcaklıkta piston aşağıya doğru itilerek gaz hacmi yarıya düşürülüp piston sabitlenmiştir. **Bu durumda CH_4 gazının kısmi basıncı, suyun denge buhar basıncı ve toplam basınç nasıl değişir?**

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

20.



Yukarıdaki grafikte K, L ve M doğrularıyla gösterilen ideal gazların farklı basınçlardaki hacim-sıcaklık grafiği verilmiştir. **Buna göre**

I. K doğrusunun basıncı en küçüktür.

II. T noktası mutlak sıfır noktasıdır.

III. T noktası -273 °C'u göstermektedir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I, II ve III

21. Sıcaklığı T, basıncı P, hacmi V olan n mol O_2 gazına aşağıdaki hangi işlem uygulanırsa hacim 4V olur?

A) Sıcaklığı 4T'ye çıkarmak (P ve n sabit)

B) Kap içine n mol O_2 gazı eklemek (P ve T sabit)

C) Basıncı 4P'ye çıkarmak (n ve T sabit)

D) Kap içine 2n mol O_2 gazı eklemek (P ve T sabit)

E) Sıcaklığı 2T'ye çıkarmak (P ve n sabit)

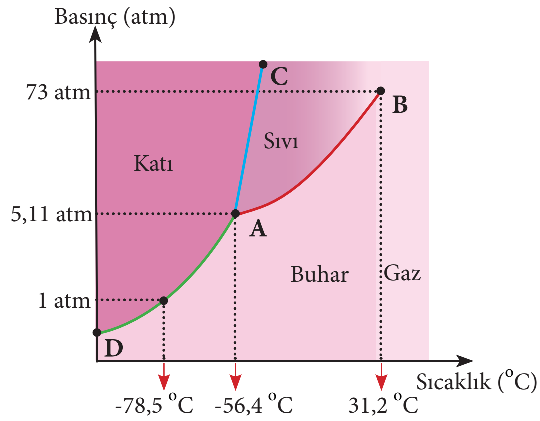
22. 34 gram X gazı 0 °C'ta 1 atm basınca ve 44,8 L hacme sahiptir. **X gazı aşağıdakilerden hangisi olabilir?** (H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol, N: 14 g/mol, S: 32 g/mol)

A) CH_4 B) NH_3 C) C_2H_2 D) H_2S E) SO_2

23. 819 K'de 2,24 atm basınç uygulayan C_3H_6 gazının yoğunluğu kaç g/L'dir?
(C: 12 g/mol, H: 1 g/mol)

A) 1,1 B) 1,2 C) 1,3 D) 1,4 E) 1,5

24. Saf X maddesine ait faz diyagramı şekilde verilmiştir.



Buna göre X maddesi ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi doğrudur?

A) Kritik nokta C noktasıdır.

B) AB eğrisi erime-donma eğrisidir.

C) 1 atm basınç ve -78,5 °C'ta X süblimleşir.

D) B noktası üçlü noktadır.

E) Bu gaz 36 °C'ta sıvılaştırılabilir.

25. 0,1 mol potasyum kloratın ($KClO_3$) ısıtılmasıyla su üzerinde 127 °C'ta bir tüp içinde O_2 gazı toplanmaktadır. **Toplanan O_2 gazının hacmi 8,2 litre olduğuna göre tüp içindeki toplam basınç kaç cmHg'dır?** (127 °C'ta suyun denge buhar basıncı 25 mmHg alınacaktır.)

A) 48,1 B) 56,4 C) 64,6 D) 71,6 E) 73,1

26. Normal şartlar altında ideal davranışlara sahip olan H_2 ve Ne gazları karşılaştırıldığında aşağıdaki yargılardan hangisi yanlış olur?
(H: 1 g/mol, Ne: 20 g/mol)

A) 1 mol H_2 gazının hacmi 1 mol Ne gazının hacmine eşittir.

B) 1 mol H_2 gazının kütlesi 1 mol Ne gazının kütlesinden küçüktür.

C) H_2 gazının difüzyon hızı Ne gazının difüzyon hızından daha büyüktür.

D) 1 gram H_2 gazının mol sayısı 1 gram Ne gazının mol sayısından küçüktür.

E) 1 mol H_2 deki atom sayısı 1 mol Ne gazının atom sayısından fazladır.

27-28. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Adana'da deniz kenarında yaşayan Erol ve ailesi, Toros Dağları'nda kamp yapmaya karar verirler. Erol, marketten yiyecek ve ayran alır. Toroslara çıktıklarında plastik ayran kutularının şiştiğini ve patlamak üzere olduğunu fark ederler.

27. Ayran kutularının şişmesine neden olan olayı, gazların davranışları ile ilişkilendirerek açıklayınız.

28. Bu olay gazlara ait hangi yasa ile açıklanabilir?

Aşağıdaki metinden yararlanarak 29-30. soruları cevaplayınız.

Ahmet Öğretmen sınıfta balonla deney yapar. Balonu önce 25 ^{o}C ve 0,9 atm basınç altında 2,95 L hava ile doldurur. Sonra balonun içindeki havayı -196 ^{o}C'a kadar soğutur. Soğuyan balon küçülür. Balonun küçüldükten sonra hacmi 0,61 L olur.

29. Balon -196 ^{o}C'a kadar soğutulduğunda balonun beklenen hacmi kaç litre olmalıdır?

30. Balonun gerçek hacmi ile beklenen hacim arasındaki farkı nedeniyle açıklayınız.

Aşağıdaki metinden yararlanarak 31-33. soruları cevaplayınız.

2. Dünya Savaşı sırasında, Birleşik Devletler'e ait uçaklar suya düştüğünde pilotun hayatını kurtaracak cankurtaran botu ve yeleğinin kendiliğinden şişmesi için bot ve yelek içine bir mekanizma yerleştirilmiştir. Bot ve yelek, suyla temas ettiğinde mekanizmadaki LiH tableti ile bir miktar su tepkimeye girer ve tepkime sonucu hidrojen gazı açığa çıkar. Hidrojen gazının cankurtaran botu ve yeleğini şişirmesi hedeflenmiştir. LiH'ün su ile tepkimesi aşağıdaki gibidir.

$LiH(k) + H_2O(s) \rightarrow LiOH(suda) + H_2(g)$

31. 27 ^{o}C sıcaklık ve 0,9 atm basınçta 4,1 litrelik cankurtaran yeleğini şişirebilmek için kaç gram LiH kullanılmıştır? (H: 1 g/mol, Li: 7 g/mol)

32. Oluşan hidrojen gazı kaç litredir?

33. Oluşan hidrojen gazı yeleği tamamen şişirebilir mi?

Aşağıdaki metinden yararlanarak 34-35. soruları cevaplayınız.

Egzozlardan ve fabrika bacalarından çıkan gazlar hava kirliliğine sebep olmaktadır. Şehir merkezinde yapılan ölçümde birim hacimde %20 CO_2 bulunduğu görülmüştür.

34. CO_2 gazının aynı bölgede atmosferdeki mol kesri ne kadardır?

35. Şehirdeki araba veya fabrika sayısı artarsa atmosferdeki CO_2 in mol kesri nasıl değişir?

36-37. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Doğal gaz, yeryüzünün alt katmanlarındaki metan (CH_4) ve etan (C_2H_6) başta olmak üzere çeşitli hidrokarbonlardan oluşan yanıcı bir gaz karışımıdır. Birincil enerji kaynağı olduğu için çıkarıldığı hâliyle kullanılabilir. Renksiz, kokusuz ve havadan hafif bir gazdır. Konutlara verilen doğal gaza çürük sarımsak kokusu vermesi için genellikle THT (tetra hidro teofen) veya TBM (tersiyer bütil merkaptan) katılır.

36. THT (tetra hidro teofen) veya TBM (tersiyer bütil merkaptan) hangi özelliklerinden dolayı doğal gaz dağıtım sistemine katılır?

37. Doğal gazın içindeki maddelerin kokularını algılamamız gazların hangi özelliğinden kaynaklanır?

Bu ünite ile ilgili daha fazla soruya ulaşmak için karekodu okutunuz.

3. ÜNİTE

SIVI ÇÖZELTİLER VE ÇÖZÜNÜRLÜK



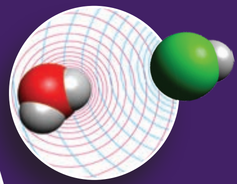
Ünite karekodu

Ünite sunum karekodu



BÖLÜMLER

1. ÇÖZÜCÜ-ÇÖZÜNEN ETKİLEŞİMLERİ



2. DERİŞİM BİRİMLERİ



3. KOLİGATİF ÖZELLİKLER



4. ÇÖZÜNÜRLÜK



5. ÇÖZÜNÜRLÜĞE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

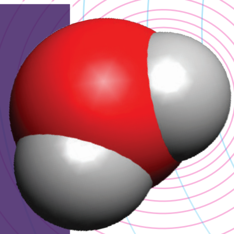


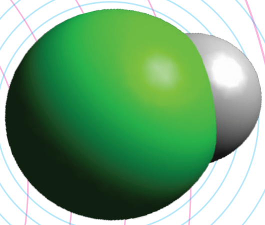
ANAHTAR KAVRAMLAR

- Çözünürlük
- Dipol-Dipol Etkileşimleri
- Dipol-İndüklenmiş Dipol Ekileşimleri
- Hidrojen Bağı
- İndüklenmiş Dipol-İndüklenmiş Dipol Etkileşimleri
- İyon-Dipol Etkileşimleri
- İyon-İndüklenmiş Dipol Etkileşimleri
- Molalite
- Molarite

1. BÖLÜM

3.1. ÇÖZÜCÜ-ÇÖZÜNEN ETKİLEŞİMLERİ





Neleri Bilmelisiniz?

- Polar ve apolar kovalent bağı,
- Kimyasal türlerin polarlık ve apolarlığını,
- Güçlü ve zayıf etkileşimleri,
- Çözünme sürecini bilmelisiniz.

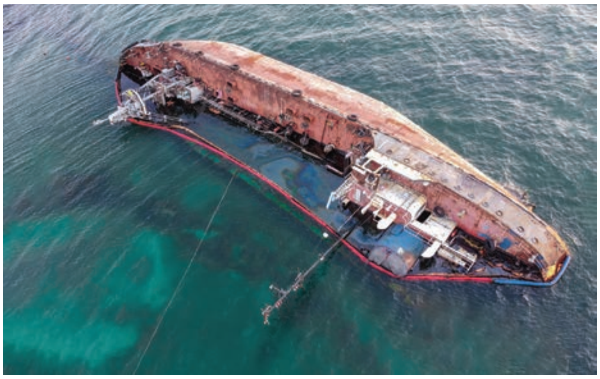
Neleri Öğreneceksiniz?

- Kimyasal türler arası etkileşimleri kullanarak sıvı ortamdaki çözünme olayının nasıl gerçekleştiğini öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- **Üzerinde yağ lekesi olan bir kıyafet su ile temizlenemez. Bunun sebebi ne olabilir?**
- **Yağın suda çözünmeme nedenini açıklayınız.**

3.1.1. KİMYASAL TÜRLER ARASI ETKİLEŞİMLER VE ÇÖZÜNME



Görsel 3.1: *Kaza yapan gemiden dökülen petrol*

Denizaşırı ülkelere petrol ve türevleri genellikle gemilerle taşınır. Yaşanacak herhangi bir kazada gemilerdeki petrol ve türevleri denize yayılabilir (Görsel 3.1). Yayılan petrol ve türevleri, deniz yüzeyinde çözünmeden kalır. Deniz suyu çeşitli inorganik tuzları, organik maddeleri ve çözünmüş gazları içerir. Deniz suyu, tuzu ve bazı gazları çözdüğü hâlde kaza sırasında dökülen petrol ve türevlerini çözemez.

? Tuz, su içinde çözünebilirken petrol ve türevlerinin çözünememesinin nedeni ne olabilir?

Çözeltide genellikle miktarı az olan **çözünendir.** Okyanuslar, göller, nehirler ve göletler de dâhil dünyadaki suların çoğu birçok çözünen içerir. **Çözücüler** katı, sıvı ve gazları çözen maddelerdir. **Çözelti**, çözücü ve çözünenlerden oluşan homojen karışımdır. Çözelti içinde miktarı çok olan bileşen genellikle çözücüdür. Deniz suyu çözeltisinde çözücü sudur. Çözücüsü sıvı olan çözeltilere **sıvı çözeltiler** denir.

Çözelti bileşenlerinde çözücünün fiziksel hâli (katı, sıvı, gaz) çözeltinin türünü belirler. Sıvı çözeltileri oluşturan katı-sıvı ve sıvı-sıvı bileşenler moleküller arası çekim kuvvetleri ile bir arada tutunur. Bu kuvvetler aynı zamanda çözeltilerin oluşumunda da rol oynar. Madde (çözünen) başka bir maddede (çözücü) çözündüğü zaman çözünen tanecikler çözücünün her tarafına homojen dağılarak çözünme sürecini başlatır. Bu süreçte üç tür etkileşim gerçekleşir:

- Çözücü-çözücü etkileşimi
- Çözünen-çözünen etkileşimi
- Çözücü-çözünen etkileşimi

Çözünme süreci bu etkileşimler sayesinde aşağıda verildiği gibi üç basamakta gerçekleşir:

1. Çözücü tanecikleri arasındaki etkileşim zayıflar, tanecikler birbirinden ayrılır.
2. Çözünen tanecikler arasındaki etkileşim zayıflar, çözünen tanecikler birbirinden ayrılır.
3. Çözücü ve çözünen tanecikler birbirleriyle etkileşime girerek birbiriyle karışır (Görsel 3.2).

Çözücü ve çözünen tanecikler arası etkileşim ne kadar güçlü olursa çözünme de o kadar fazla olur.

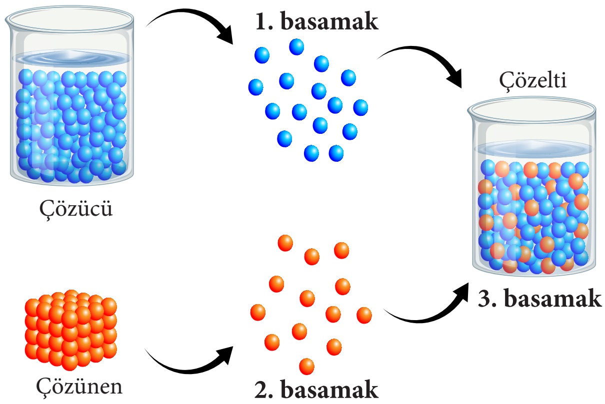
Çözünen veya çözücü taneciklerinin kendi tanecikleri arasındaki etkileşim kuvveti, etkileşime gireceği ortamda diğer tanecikler arasındaki etkileşim kuvvetinden fazla ise çözünme gerçekleşmez. O hâlde maddelerin birbiri içinde çözünmesinde çözücü ve çözünenin yapısı, çözücü ve çözünen etkileşimi ve etkileşim kuvvetlerinin büyüklüğü önemli rol oynar.

Belirli bir sıcaklıktaki belirli miktar çözücüde çözünebilen maksimum madde miktarının ölçüsü olarak **çözünürlük** ifadesi kullanılır. Yapı olarak birbirine benzeyen ve birbirleriyle kuvvetli etkileşim oluşturan taneciklerin birbiri içindeki çözünürlüklerinin fazla olması “Benzer benzeri çözer.” ifadesi ile açıklanabilir. Diğer bir ifade ile polar madde polar çözücüde, apolar madde apolar çözücüde çözünür.

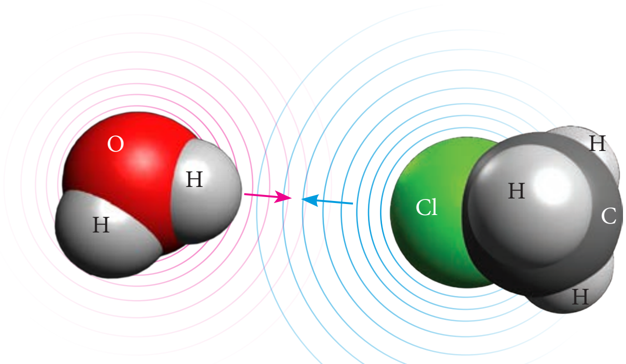
Polar bir çözücü olan suyun, molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimleri ve hidrojen bağları, polar bir molekül olan CH_3Cl molekülleri arasında da dipol-dipol etkileşimleri bulunur. Dipol-dipol etkileşimine sahip CH_3Cl molekülleri ile dipol-dipol ve hidrojen bağına sahip H_2O molekülleri karıştırıldığında benzer moleküller, benzer moleküllerde çözüneceğinden moleküller arasında **dipol-dipol etkileşimi** oluşur (Görsel 3.3).

İyonik bir bileşik olan sofra tuzu (NaCI) su ile karıştırıldığında Na^+ ve CI^- iyonlarına ayrılır. Polar bir çözücü olan suyun molekülleri bu iyonların etrafını sarar. İyonlar ile su molekülleri arasında **iyon-dipol etkileşimi** oluşur ve tuz bu sayede su içinde çözünür (Görsel 3.4).

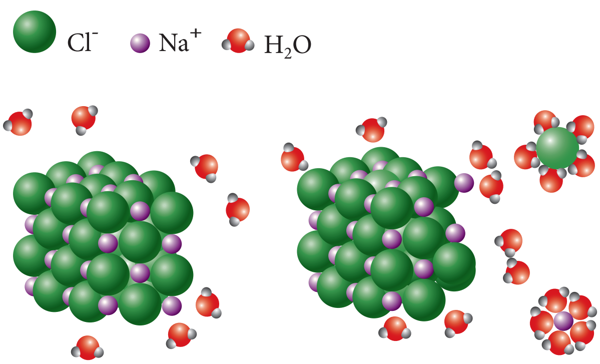
İyonik bir bileşik olan KCl, CCI_4 gibi apolar bir çözücü ile karıştırıldığında K^+ ve Cl^- iyonları ile CCI_4 molekülleri arasında iyon-indüklenmiş dipol etkileşimi oluşur (Görsel 3.5). **İyon-indüklenmiş dipol etkileşimi** çok zayıf olduğundan KCl gibi iyonik bileşiklerin apolar çözücülerdeki çözünürlüğü yok denecek kadar azdır. Bu nedenle iyonik bileşiklerin apolar çözücülerde çözünmediği kabul edilir.



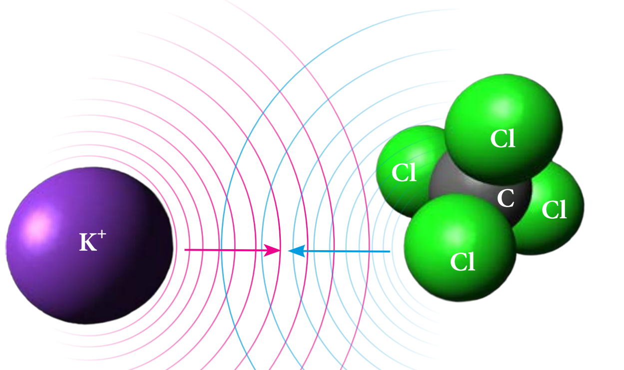
Görsel 3.2: *Çözünme süreci*



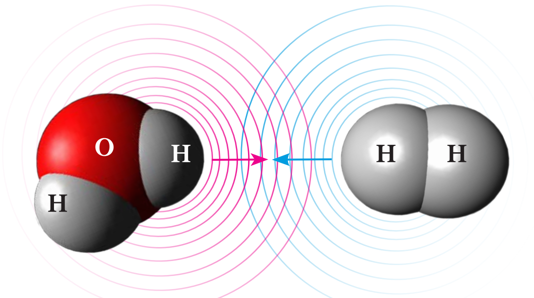
Görsel 3.3: *H_2O ve CH_3Cl arasındaki dipol-dipol etkileşimi*



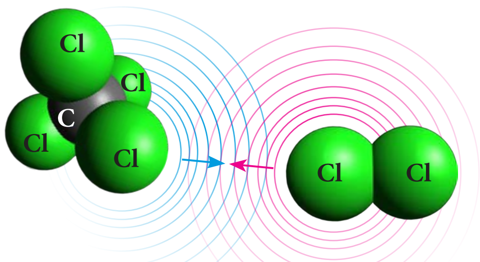
Görsel 3.4: *İyon-dipol etkileşimi*



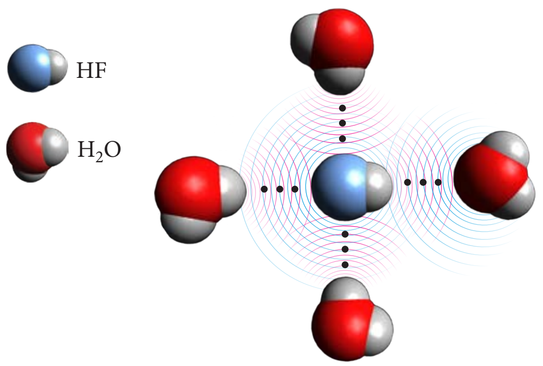
Görsel 3.5: *K^+ ve CCl_4 arasındaki iyon-indüklenmiş dipol etkileşimi*



Görsel 3.6: *H_2O ve H_2 arasındaki dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi*



Görsel 3.7: *CCl_4 ve Cl_2 arasındaki indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi*



Görsel 3.8: *HF ve H_2O arasındaki hidrojen bağları*

H_2 molekülleri apolardır. Apolar moleküller arasında indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol (London) etkileşimi bulunur. Polar bir molekül olan su ile H_2 molekülleri karıştırıldığında aralarında **dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi** oluşur (Görsel 3.6) ancak apolar moleküller polar moleküllerde az çözünür. Su molekülleri arasındaki dipol-dipol etkileşimi ve hidrojen bağlarının etkisiyle oluşan çekim kuvveti H_2 moleküleri arasındaki çekim kuvvetinden büyüktür. Bu nedenle dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi zayıftır.

Kovalent bağ ile oluşan Cl_2 molekülleri apolardır ve apolar bir çözücü olan CCl_4 molekülleri ile karıştırıldığında moleküller arasında **indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi (London kuvvetleri)** oluşur (Görsel 3.7). Cl_2 molekülleri ve CCl_4 moleküllerinin kendi molekülleri arasında oluşan çekim kuvvetleri birbirine yakın olduğundan ve etkileşim türleri de birbirine benzediğinden Cl_2 molekülleri ve CCl_4 molekülleri birbiri içinde çözünür.

Polar olan HF molekülleri ve H_2O moleküllerinin her ikisinde de **hidrojen bağı** ve dipol-dipol etkileşimi bulunur (Görsel 3.8). Bu moleküller karıştırıldığında benzer etkileşimlere sahip oldukları için birbiri içinde çözünür. Bu iki molekül arasında en kuvvetli çekim etkisini hidrojen bağları oluşturur. Molekülleri arasında hidrojen bağı bulunan maddeler birbiri içinde daha çok çözünür.

3.1. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Çözünme Olayı

DENEYİN AMACI **Süre:** 40 dakika

Farklı maddelerin çözünürlüklerini karşılaştırabilme.

Yönerge: Deney basamaklarını takip ederek deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

Araç Gereç: 6 adet deney tüpü, 20 mL'lik dereceli silindir, 6 adet tıpa, etiket, tüplük, 30 mL CCl_4, 30 mL su, 10 mL zeytinyağı, 2 g iyot, 4 g NaCl.

DENEYİN BASAMAKLARI

1. Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız.
2. Etiketlere 1'den 6'ya kadar numara yazıp etiketleri deney tüplerine yapıştırınız. Deney tüplerini tüplüğe yerleştiriniz.
3. 1, 2 ve 3 numaralı deney tüplerine dereceli silindir ile ölçerek her birine 10 mL su; 4, 5 ve 6 numaralı deney tüplerine de 10 mL CCl_4 koyunuz.
4. 1 ve 4 numaralı deney tüplerinin her birine 5 mL zeytinyağı, 2 ve 5 numaralı deney tüplerine 1 g iyot, 3 ve 6 numaralı deney tüplerine de 2 g NaCl ekleyiniz.
5. Deney tüplerinin ağzını tıpa ile kapatınız.
6. Deney tüplerini iyice çalkalayınız ve tüplükte bir süre bekletiniz.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Aşağıdaki tabloyu her bir deney tüpü için homojen veya heterojen olarak doldurunuz.

Deney Tüpleri	Homojen/Heterojen
1	
2	
3	
4	
5	
6	

2. Aşağıdaki tabloya gözlemlediğiniz deney tüpleri ile ilgili istenen bilgileri yazınız.

Deney Tüpleri	Çözündü/Çözünmedi	Çözünme-Çözünmeme Nedeni	Çözücü-Çözünen Arasındaki Etkileşim Türü
1			
2			
3			
4			
5			
6			

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **H_2S bileşiğinin su ile etkileşimini açıklayınız. Bileşiğin suda çözünüp çözünmeme nedenini yazınız.**

   Çözüm

   H_2S ve H_2O, polar moleküllerdir. Molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi vardır. Her iki molekülde de benzer etkileşimler olduğu için "Benzer, benzeri çözer." ilkesine göre H_2S bileşiği suda çözünür.

2. **I_2 molekülleri su ile karıştırıldığında moleküller arasında oluşan etkileşim türünü yazınız.**

   Çözüm

   H_2O, polar bir moleküldür. Molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi vardır. I_2 molekülleri ise apolar moleküllerdir. Kendi molekülleri arasında indüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi vardır. I_2 ve su karıştırıldığında dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi oluşur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **Aşağıdaki madde çiftleri arasında oluşan etkileşim türünü verilen boşluklara yazınız.**

	Etkileşim Türü		Etkileşim Türü
a) $NH_3 – H_2O$	....	**c)** CS_2 - CH_4	....
b) $MgCl_2$ - H_2O	....	**ç)** H_2S - CCl_4	....

2. **Çözünen maddenin çözücü içindeki çözünme süreci nasıl gerçekleşir? Açıklayınız.**

2. BÖLÜM

3.2. DERİŞİM BİRİMLERİ

Neleri Bilmelisiniz?
- Çözeltilerin özelliklerini,
- Çözeltilerin erime ve donma noktalarını bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?
- Çözünen madde miktarı ile farklı derişim birimlerini ilişkilendirirken (Normalite ve formalite tanımlarına girilmez.) derişim birimleri olarak molarite ve molaliteyi,
- Farklı derişimlerde çözeltiler hazırlarken derişimle ilgili hesaplamalar yaparak hesaplamalarda molarite ve molalite yanında kütlece yüzde, hacimce yüzde, mol kesri ve ppm kavramlarını kullanabilmeyi öğreneceksiniz.



BÖLÜME HAZIRLIK
- **İlaç reçetelerinde alınması gereken günlük doz değerleri yazar. İlaçlar neden yazılan dozda kullanılmalıdır?**

3.2.1. FARKLI DERİŞİM BİRİMLERİ

Sağlığa zararlı mikroorganizmaların sudan arındırılmasına **dezenfeksiyon**, arındırmayı yapan maddeye de **dezenfektan** denir. Kullanma suyuna klor atmak suyun dezenfeksiyonunda kullanılan yöntemlerden biridir. Klor, yüzme havuzlarında da dezenfektan olarak kullanılır. Havuza atılan klorun belirli miktarda olması önemlidir.

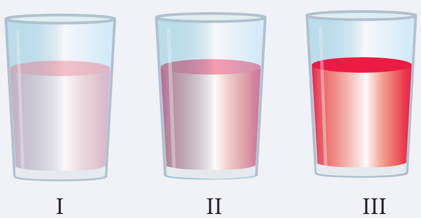
Havuzlara belirli miktarın altında ya da üstünde klor atılmamasının nedeni ne olabilir?

Günlük hayatta çözelti olarak bilinen (tuzlu su, şerbet, hava ve alaşımlar ...) birçok maddeye rastlanır. Bu çözeltilerin birleşme oranları, çözeltinin özelliklerini belirlemede önemli rol oynar. Bu nedenle çözeltideki çözünen miktarının bilinmesi gerekir. Örneğin parasetamol içeren ilaçların 10 veya 15 mg fazla olması ölüme, hava kirliliğini oluşturan ince partiküllerin çapının 2,5 mikron olması ve bu partiküllere uzun süre maruz kalınması doğumda istenmeyen sonuçlara, çocuklarda solunum hastalıklarının ortaya çıkmasına neden olabilir.

Belirli bir miktar çözücüdeki çözünen madde miktarına **derişim** (**konsantrasyon**) denir. Yaygın olarak kullanılan derişim birimleri molarite ve molalitedir.

3.1. YORUM SİZDE — **Vişne Suyu**

Yönerge: Aşağıdaki görselde farklı oranlarda vişne suyu ve içme suyunun karıştırılması ile oluşmuş çözeltiler bulunmaktadır. Bardaklardaki renklerden yararlanarak soruları cevaplayınız.



1. **Bardakta çözünen vişne suyu miktarı ile içeceklerin renkleri arasında nasıl bir ilişki vardır?**
2. **Bardaklara ilave edilen su miktarı çözelti rengini nasıl etkiler?**
3. **Çözünen madde miktarı hangi bardakta daha fazladır? Nedenini açıklayınız.**

MOLARİTE

1 litre çözelti içinde çözünmüş maddenin mol sayısına **molarite** denir ve "molar" ile ifade edilir. Molarite "M" ile gösterilir. Molaritenin birimi "mol/L" veya "molar" olarak kullanılır.

$$M = \frac{\text{Çözünen maddenin mol sayısı}}{\text{Çözeltinin hacmi}} \qquad M = \frac{n}{V}$$

1 M = 1 mol/L = (mol L^{-1})

Molarite hesaplanırken aşağıdaki adımlar takip edilir:

1. Çözünenin mol sayısı hesaplanır.
2. Çözeltinin hacmi L olarak hesaplanır.
3. Çözünen maddenin mol sayısı çözelti hacmine bölünerek molarite hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **400 mL saf suda 1,8 g şeker ($C_6H_{12}O_6$) çözünerek hazırlanan çözeltinin molar derişimi (molaritesi) kaç mol/L'dir?** ($C_6H_{12}O_6$: 180 g/mol, şeker hacminin ihmal edildiği varsayılır.)

Çözüm

400 mL = 0,4 L

$$n = \frac{m_{C_6H_{12}O_6}}{M_A} = \frac{1,8}{180} = 0,01 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0,01}{0,4} = 0,025 \text{ M}$$

MOLALİTE

1 kg (1 000 g) çözücüde çözünmüş maddenin mol sayısına **molalite** denir ve "molal" olarak ifade edilir. Molalite "m" ile gösterilir. Molalitenin birimi "mol/kg" veya "molal"dir. 1 mol/kg = 1 molal (m)

$$m = \frac{\text{Çözünen maddenin mol sayısı}}{\text{Çözücünün kütlesi}} \qquad m = \frac{n}{m_{çözücü}} \qquad 1m = \frac{1mol}{kg} = \left(mol\ kg^{-1}\right)$$

Molalite hesaplanırken aşağıdaki adımlar takip edilir:

1. Çözünenin mol sayısı hesaplanır.
2. Çözücünün kütlesi kg olarak hesaplanır.
3. Çözünen maddenin mol sayısı çözücü kütlesine bölünerek molalite hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 28 g KOH 1 000 g suda çözünüyor. **Bu çözeltinin molalitesini hesaplayınız.** (KOH: 56 g/mol)

Çözüm

1 000 g = 1 kg

$$n = \frac{m_{KOH}}{M_A} = \frac{28}{56} = 0,5 \text{ mol}$$

$$m = \frac{n_{çözünen}}{m_{çözücü}} = \frac{0,5}{1} = 0,5 \text{ m}$$

3.2. YORUM SİZDE Bayram Tatlısı

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Ayşe Hanım, bayram ziyaretine gelecek misafirleri için komşularının da yardımıyla şerbetli tatlı hazırlar. Bunun için 1 440 g şeker ve 2 000 g su kullanır.

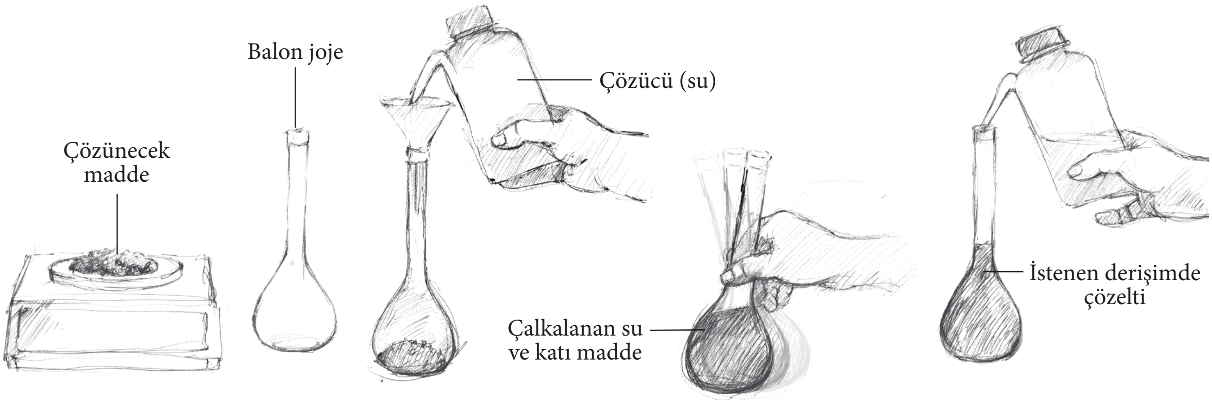
($C_6H_{12}O_6$: 180 g/mol)(d_{su}: 1 g/mL)

1. **Ayşe Hanım'ın hazırladığı şerbetin molaritesini hesaplayınız.** (Çözeltideki şeker hacminin ihmal edildiğini varsayınız.)

2. **Ayşe Hanım'ın hazırladığı şerbetin molalitesini hesaplayınız.**

3.2.2. FARKLI DERİŞİMLERDE ÇÖZELTİ HAZIRLANMASI

İstenen derişimde çözelti hazırlamak için aşağıdaki adımlar izlenmelidir (Görsel 3.9).



***Görsel 3.9:** Çözelti hazırlama aşamaları*

I. adım: Hassas terazide çözünecek katı madde tartılır.

II. adım: Tartılan katı madde balon jojeye konur.

III. adım: Balon jojedeki katı madde bir miktar su ile çalkalanarak çözdürülür.

IV. adım: Katı madde çözündükten sonra ölçü çizgisine kadar su ilave edilerek istenen derişimde çözelti hazırlanır.

V. adım: Balon jojenin ağzı kapatılır ve gerektiğinde kullanmak için çözelti etiketlenir.

DERİŞİMLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

MOLARİTE VE MOLALİTE HESAPLAMALARI

Çözünenin Molünün ve Kütlesinin Hesaplanması

Molarite hesaplamalarında derişimi ve hacmi bilinen çözeltinin madde miktarı mol veya kütle olarak hesaplanabilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 84 g KOH kullanılarak hazırlanan 500 mL'lik sulu çözelti, kaç M'dır? (KOH: 56 g/mol)

Çözüm

V = 500 mL = 0,5 L $\quad n = \frac{m_{KOH}}{M_A} \Longrightarrow n = \frac{84}{56} \Longrightarrow n = 1{,}5$ mol

$$M = \frac{n}{V} \Longrightarrow M = \frac{1{,}5}{0{,}5} \Longrightarrow M = 3\,M$$

Çözeltiyi hazırlarken 84 g KOH üzerine su ilave edilir. KOH katısının çözünmesi sağlanır. Daha sonra çözeltinin hacmi, su ile 500 mL'ye tamamlanır.

2. 500 mL, 2 molarlık KCl çözeltisi hazırlamak için kaç mol KCl gerekir?

Çözüm

$M = \frac{n}{V} \Longrightarrow 2 = \frac{n}{0{,}5} \Longrightarrow n = 1$ mol KCl gerekir.

Derişik Çözeltinin Seyreltilmesi

Derişik çözeltiyi seyreltik hâle getirebilmek için

- Çözeltiye çözücü ilavesi yapılabilir.
- Çözünen katı madde çöktürülerek çözeltiden uzaklaştırılabilir.

Seyreltik Çözeltinin Deriştirilmesi

Seyreltik çözeltiyi derişik hâle getirebilmek için

- Çözeltiye çözünen madde ilave edilebilir.
- Çözücü buharlaştırılabilir.

Derişimi bilinen çözeltinin seyreltik ya da derişik hâle getirilmesi için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$M_1V_1 = M_2V_2$

M_1 = 1. çözeltinin molaritesi

M_2 = 2. çözeltinin molaritesi

V_1 = 1. çözeltinin hacmi

V_2 = 2. çözeltinin hacmi

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 2 molarlık 800 mL NaOH çözeltisine aşağıdaki işlemler ayrı ayrı uygulanıyor. **Buna göre**

a) 4 M'lık sulu çözelti hazırlamak için kaç mL su buharlaştırılmalıdır?

b) 200 mL su eklendiğinde çözelti kaç M olur?

c) Çözeltiyi 0,5 M yapmak için çözeltiye kaç mL su eklenmelidir?

Çözüm

a) $M_1V_1 = M_2V_2$

$2 \cdot 800 = 4 \cdot V_2$

V_2 = 400 mL olur.

800 - 400 = 400 mL su buharlaştırılmalıdır.

b) 800 + 200 = 1000 mL.

$M_1V_1 = M_2V_2$

$2 \cdot 800 = M_2 \cdot 1000$

M_2 = 1,6 M olur.

c) $M_1V_1 = M_2V_2$

$2 \cdot 800 = 0{,}5 \cdot V_2$

V_2 = 3200 mL

3200 - 800 = 2400 mL su eklenmelidir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

Mete Öğretmen, farklı derişimlerde çözelti hazırlama konusunu öğrencilerine kavratmak için öğrencilerini laboratuvara götürür. Öğrencileri 4 gruba ayırır ve her grubun çözelti hazırlamasını ister. Çözeltilerde madde miktarı bulunması, hacim bulunması, seyreltme, deriştirme ve karıştırma ile ilgili aşağıdaki soruların yazılı olduğu soru kartlarını öğrencilere verir.

1. grubun soru kartında "4 M 250 mL $NaNO_3$ sulu çözeltisi hazırlamak için kaç g $NaNO_3$ gerekir? ($NaNO_3$: 85 g/mol)",

2. grubun soru kartında "80 g NaOH ile hazırlanan 0,5 M'lık sulu çözeltinin hacmi kaç mL'dir? (NaOH: 40 g/mol)",

3. grubun soru kartında "3 M'lık 900 mL KOH çözeltisinin 1/3'ü buharlaştırılırsa çözeltinin yeni molaritesi ne olur?",

4. grubun soru kartında "0,3 M'lık 300 mL tuz çözeltisi ile 0,2 M'lık 300 mL tuz çözeltisi karıştırılıyor. Oluşan yeni çözeltinin molaritesini bulunuz." yazmaktadır.

Mete Öğretmen'in verdiği kartlardaki soruları aşağıya cevaplandırınız.

Çözeltilerin Karıştırılması

Hacimleri ve derişimleri farklı olan aynı tür çözeltiler karıştırıldığında yeni çözeltinin derişimini ve hacmini bulmak için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

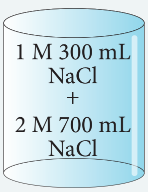
$M_1V_1 + M_2V_2 + M_3V_3 + \ldots\ldots\ldots = M_sV_s$

M_s = Karıştırıldıktan sonraki çözeltinin molaritesi

V_s = Karıştırıldıktan sonraki çözeltinin hacmi

ÖRNEK ÇÖZÜM

1.



Yandaki kapta verilen çözeltinin molaritesini bulunuz?

Çözüm

$M_1V_1 + M_2V_2 = M_{son}V_{son}$

$V_{son} = 300 + 700 = 1\,000$ mL

$1 \cdot 300 + 2 \cdot 700 = M_{son} \cdot 1\,000$

$M_{son} = 1,7$ M

Molalite Hesaplamaları

Çözeltiler, farklı derişim birimleri kullanılarak hazırlanabilir. Seçilen deneyin şartlarına göre farklı derişim birimleri kullanılır. Örneğin molalite hesaplanırken çözeltinin hacmi yerine çözücünün kg cinsinden kütlesi kullanılır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 360 g şekerin ($C_6H_{12}O_6$) 1 kg suda çözünmesiyle oluşan çözeltinin molalitesini hesaplayınız.
($C_6H_{12}O_6$: 180 g/mol)

Çözüm

$$n = \frac{m_{C_6H_{12}O_6}}{M_A} \Longrightarrow n = \frac{360}{180} \Longrightarrow n = 2 \text{ mol}$$

$$m = \frac{2}{1 \text{ kg}} \Longrightarrow m = 2 \text{ molal}$$

2. 2 molallik 170 g $NaNO_3$ katısı kullanılarak hazırlanan çözeltideki çözücü miktarı kaç kg'dır?
($NaNO_3$: 85 g/mol)

Çözüm

$$n = \frac{m_{NaNO_3}}{M_A} \Longrightarrow n = \frac{170}{85} \Longrightarrow n = 2 \text{ mol}$$

$$m = \frac{n}{m_{Çözücü}} \Longrightarrow 2 = \frac{2}{m_{Çözücü}} \Longrightarrow m_{Çözücü} = 1 \text{ kg}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 0,4 molal $Ca(NO_3)_2$ çözeltisi hazırlamak için 2 000 g suda kaç g $Ca(NO_3)_2$ çözünmelidir?
[$Ca(NO_3)_2$: 164 g/mol]

2. 28,4 g Na_2SO_4 katısının 500 g suda çözünmesiyle hazırlanan çözeltinin molalitesini hesaplayınız?
(Na_2SO_4: 142 g/mol)

KÜTLECE YÜZDE (%) DERİŞİM

Çözeltinin 100 g'ında çözünen maddenin g cinsinden değeri **kütlece yüzde (%) derişim** ile ifade edilir.

$$\text{Kütlece yüzde (\%) derişim} = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \cdot 100$$

Kütlece yüzde (%) derişim hesaplanırken aşağıdaki adımlar takip edilir.

1. Çözünenin kütlesi hesaplanır.
2. Çözeltinin kütlesi hesaplanır.
3. Çözünenin kütlesi çözeltinin kütlesine bölünür.
4. Bulunan sonuç 100 ile çarpılır ve kütlece % derişim hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **Kütlece %60'lık 500 g NaCl çözeltisi hazırlamak için kaç g tuz kullanılmalıdır?**

Çözüm

$$\text{Kütlece yüzde (\%) derişim} = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \cdot 100$$

$$60 = \frac{m_{NaCl}}{500} \cdot 100$$

$m_{NaCl} = 300$ g tuz kullanılmalıdır.

2. **765 g suda 255 g $NaNO_3$ katısının çözünmesiyle oluşan çözelti kütlece % kaçlıktır?** ($NaNO_3$: 85g/mol)

Çözüm

$$\text{Çözelti kütlesi} = 765 + 255 = 1\,020 \text{ g}$$

$$\text{Kütlece yüzde (\%) derişim} = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \cdot 100$$

$$\text{Kütlece yüzde (\%) derişim} = \frac{255}{1\,020} \cdot 100 = 25$$

Kütlece derişim %25'tir.

3. **180 g KOH katısı kullanılarak kütlece %30'luk KOH çözeltisi hazırlamak için kaç g su kullanmak gerekir?**

Çözüm

$$\text{Kütlece yüzde (\%) derişim} = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \cdot 100$$

$$30 = \frac{180}{m_{çözelti}} \cdot 100$$

$$m_{çözelti} = 600 \text{ g}$$

$$m_{çözelti} = m_{çözünen} + m_{çözücü}$$

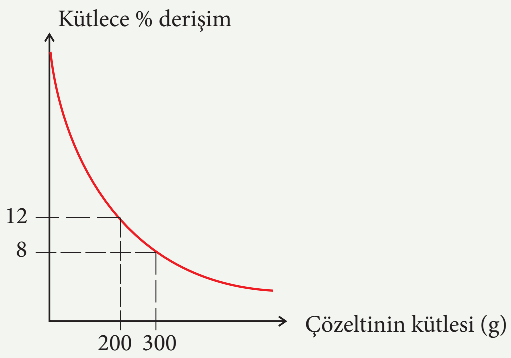
600 - 180 = 420 g su kullanmak gerekir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **160 g şekerin 1 440 g suda çözünmesiyle elde edilen çözeltideki şekerin kütlece % derişimini hesaplayınız.**

2. **300 g NaCl katısı kullanılarak kütlece %60'lık NaCl çözeltisi hazırlamak için kaç g su kullanılmalıdır?**

3. Aşağıdaki grafikte X tuzunun sulu çözeltisinin kütlece % derişimi ile çözelti kütlesi arasındaki değişimi görülmektedir. **Tuz çözeltisinin kütlece yüzde (%) derişimi 30 olduğunda çözeltinin kütlesi kaç g olur?**



Kütlece Yüzde (%) Hesaplamaları

Çözeltilerin Karıştırılması

Kütlece yüzdesi ve kütlesi bilinen birden fazla çözelti karıştırıldığında yeni çözeltinin kütlece yüzde derişimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$m_1Y_1 + m_2Y_2 + m_3Y_3 + \ldots = m_sY_s$

m = Çözelti kütlesi

Y = Çözeltinin kütlece yüzdesi

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **Kütlece %48'lik çözelti elde etmek için 300 g kütlece %40'lık X çözeltisi ile kütlece %60'lık kaç g Y çözeltisi karıştırılmalıdır?**

Çözüm

$m_1\,Y_1 + m_2\,Y_2 = m_{son}\ \ Y_{son}$

$300 \cdot 40 + m_2 \cdot 60 = (300 + m_2) \cdot 48$

$12000 + 60 \cdot m_2 = 14400 + 48 \cdot m_2$

$12 \cdot m_2 = 2400$

$m_2 = 200$ g olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Kütlece %20'lik 150 g şeker çözeltisi ile kütlece %30'luk 150 g şeker çözeltisi karıştırılıyor. **Elde edilen çözeltinin kütlece % derişimini hesaplayınız.**

Seyreltme-Deriştirme

$m_1Y_1 + m_2Y_2 + m_3Y_3 + \ldots = m_sY_s$ formülünde çözeltiye çözünen eklendiğinde çözünen derişimi %100, saf çözücü eklendiğinde çözücü derişimi %0 alınır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 120 g NaOH katısının çözünmesiyle oluşan kütlece %40'lık çözeltiye 40 g NaOH katısı ilave ediliyor. **Oluşan yeni çözeltinin kütlece % derişimini hesaplayınız.**

Çözüm

$$\text{Kütlece yüzde (\%) derişim} = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \cdot 100$$

$$40 = \frac{120}{m_{çözelti}} \cdot 100$$

$$m_{çözelti} = 300 \text{ g çözelti}$$

$$m_1Y_1 + m_2Y_2 = m_sY_s$$

$$300 \cdot 40 + 40 \cdot 100 = m_sY_s$$

$$12000 + 4000 = (300 + 40) \cdot Y_s$$

$$Y_s = \frac{16000}{340} \Rightarrow 47{,}05 \text{ olur.}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 240 g KCl katısının çözünmesi ile oluşan kütlece %60'lık çözeltiye 60 g H_2O ilave ediliyor. **Oluşan yeni çözeltinin kütlece % derişimini hesaplayınız.**

Yoğunluk ve Molekül Ağırlığı Kullanılması

Çözeltinin yoğunluğu ve molekül ağırlığı kullanılarak çözeltinin molaritesi hesaplanabilir.

$$M = \frac{d\,Y\,10}{M_A}$$

M = Çözeltinin molaritesi (mol/L)

d = Çözeltinin yoğunluğu (g/L)

Y = Çözeltinin kütlece yüzde derişimi

M_A = Çözünen maddenin molekül ağırlığı (g/mol)

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **Kütlece %10'luk 3 M NaOH çözeltisinin yoğunluğunu hesaplayınız.** (NaOH: 40 g/mol)

Çözüm

$$M = \frac{d\,Y\,10}{M_A}$$

$$3 = \frac{d \cdot 10 \cdot 10}{40} = 1{,}2 \text{ g/mL olur.}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **Kütlece % 3,65'lik HCl çözeltisinin yoğunluğu 1,2 g/mL olduğuna göre çözeltinin molaritesini hesaplayınız.** (HCl: 36,5 g /mol)

HACİMCE YÜZDE (%) DERİŞİM

Sıvı-sıvı çözeltilerin 100 mL'sinde çözünen maddenin mL cinsinden değeri hacimce yüzde derişimi ile ifade edilir.

$$\text{Hacimce yüzde (\%) derişim} = \frac{\text{Çözünenin hacmi}}{\text{Çözeltinin hacmi}} \cdot 100$$

Hacimce yüzde (%) derişim hesaplanırken aşağıdaki adımlar takip edilir:

1. Çözünenin hacmi hesaplanır.
2. Çözeltinin hacmi hesaplanır.
3. Çözünenin hacmi çözeltinin hacmine bölünür.
4. Bulunan sonuç 100 ile çarpılır ve hacimce % derişim hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Hacimce %80'lik kolonya elde etmek için 240 mL etanole aynı sıcaklıkta kaç mL su ilave edilmelidir? (Hesaplamalarda hacim değişimi göz önüne alınmayacaktır.)

Çözüm

$$\text{Hacimce yüzde (\%) derişim} = \frac{V_{çözünen}}{V_{çözelti}} \cdot 100$$

$$80 = \frac{240}{240 + V_{su}} \cdot 100 \Longrightarrow 80 \cdot (240 + V_{su}) = 240 \cdot 100$$

$$19\,200 + 80 \cdot V_{su} = 24\,000$$

$$V_{su} = 60 \text{ mL su ilave edilmelidir.}$$

2. 2 000 mL etanolün hacimce %10'luk sulu çözeltisi nasıl hazırlanır?

Çözüm

$$\text{Hacimce yüzde (\%) derişim} = \frac{V_{çözünen}}{V_{çözelti}} \cdot 100$$

$$10 = \frac{V_{çözünen}}{2\,000} \cdot 100 \Longrightarrow V_{çözünen} = 200 \text{ mL}$$

$$2\,000 - 200 = 1\,800 \text{ mL su}$$

1 800 mL suya 200 mL etanol ilave edilerek %10'luk etanol çözeltisi hazırlanmış olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Hacimce % 48'lik 200 mL etanol çözeltisine 100 mL su ilave ediliyor. **Oluşan yeni çözeltinin hacimce % derişimini hesaplayınız.**

MOL KESRİ

Çözünenin mol sayısının çözeltinin mol sayısına bölünmesiyle elde edilen değer çözünenin **mol kesrini** verir. Gaz karışımları da bir çözelti türüdür ve gaz karışımı hesaplamalarında kullanılan mol kesri ifadesi sıvı çözeltiler için de kullanılabilir.

$$X_{çözünen} = \frac{\text{Çözünen madde miktarı (mol)}}{\text{Çözücü ve çözünen madde miktarı (toplam mol)}} = \frac{n_{çözünen}}{n_T}$$

Çözeltiler birden fazla çözünen içerebilir. Çözeltide bulunan X ve Y maddeleri için aşağıdaki mol kesri eşitliği kullanılır. Çözeltide tüm bileşenlerin mol kesirleri toplamı 1'e eşittir.

$$X_X = \frac{n_X}{n_T}$$

$$X_Y = \frac{n_Y}{n_T}$$

$$X_X + X_Y = 1$$

Mol kesri hesaplanırken aşağıdaki adımlar takip edilir:

1. Çözünen maddenin mol sayısı hesaplanır.
2. Çözücü ve çözünen maddelerin toplam mol sayısı hesaplanır.
3. Çözünen maddenin mol sayısı çözücü ve çözünen maddelerin toplam mol sayısına bölünerek mol kesri hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **156 g benzen (C_6H_6) ve 160 g karbon tetraklorür (CCl_4) karışımından oluşan sulu çözeltideki her bir bileşenin mol kesrini hesaplayınız.** (C_6H_6: 78 g/mol, CCl_4: 160 g/mol)

Çözüm

$$n = \frac{m_{C_6H_6}}{M_A} \Longrightarrow n = \frac{156}{78}, \quad n = 2 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m_{CCl_4}}{M_A} \Longrightarrow n = \frac{160}{160}, \quad n = 1 \text{ mol}$$

Toplam mol = 2 + 1 = 3

$$X_{CCl_4} = \frac{n_{CCl_4}}{n_T} = \frac{1}{3}$$

$$X_{C_6H_6} = \frac{n_{C_6H_6}}{n_T} = \frac{2}{3} \text{ olur.}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **1 mol gliserol, 3 mol su ve 6 mol etanolden oluşan karışımdaki maddelerin mol kesrini hesaplayınız.**

ppm (MİLYONDA BİR KISIM)

Seyreltik çözeltilerde bulunan eser miktardaki küçük derişimler **milyonda bir kısım [parts-per million (ppm)]** kavramı ile ifade edilir. İçme sularına, deniz ve göllere karışan kimyasalların derişimi için ppm kullanılır.

$1 \text{ kg} = 10^6 \text{ mg}$ 10^6 mg çözeltideki çözünmüş maddenin mg'ı ppm olarak ifade edilebilir.

$$ppm = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \cdot 10^6$$

Örneğin suyun sertliğine neden olan iyonlar ppm ile ifade edilir.

Sert sularda 0,2 ppm Ca^{2+} iyonu bulunur ifadesi, 1 kg suda 0,2 mg Ca^{2+} iyonu bulunduğunu belirtir.

ppm hesaplanırken aşağıdaki adımlar takip edilir:

1. Çözünenin kütlesi hesaplanır.
2. Çözeltinin kütlesi hesaplanır.
3. Çözünenin kütlesi çözeltinin kütlesine bölünür.
4. Bulunan sonuç 10^6 ile çarpılır ve ppm değeri hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 0,5 ppm nitrat iyonu içeren 500 g'lık deniz suyunda kaç g nitrat iyonu bulunur?

Çözüm

$$ppm = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \cdot 10^6$$

$$0,5 = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{500} \cdot 10^6 = 2,5 \cdot 10^{-4}\ g$$

2. 300 g'lık suda $1,2 \cdot 10^{-4}$ g magnezyum iyonu bulunmaktadır. **Buna göre magnezyum iyonu derişimi kaç ppm'dur?**

Çözüm

$$ppm = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \cdot 10^6$$

$$ppm = \frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{300} \cdot 10^6 = 0,4\ ppm$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 600 g içme suyu numunesinde 3 ppm çözünmüş Ca^{2+} iyonu bulunmaktadır. **Buna göre numunedeki Ca^{2+} iyonu kaç g'dır?**

2. 200 g göl suyunda $4 \cdot 10^{-4}$ g Pb^{2+} iyonu bulunmaktadır. **Buna göre numunedeki Pb^{2+} iyonu derişimi kaç ppm'dur?**

3. BÖLÜM

3.3. KOLİGATİF ÖZELLİKLER



Neleri Bilmelisiniz?

- **Çözeltilerin özelliklerini,**
- **Çözeltilerin erime ve donma noktalarını bilmelisiniz.**

Neleri Öğreneceksiniz?

- **Çözeltilerin koligatif özellikleri ile derişimleri arasında ilişki kurulurken**

  a) Koligatif özelliklerden buhar basıncı alçalması, donma noktası alçalması (kriyoskopi), kaynama noktası yükselmesi (ebülyoskopi) ve osmotik basıncı,

  b) Ters osmoz yöntemiyle su arıtımı hakkında kısaca bilgi edinmeyi (Osmotik basınçla ilgili hesaplamalara girilmeyecektir.),

  c) Saf suyun ve farklı derişimlerdeki sulu çözeltilerin kaynama noktasının tayini ile ilgili deneyler yapmayı öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- **Kâsedeki reçel, bal ya da pekmez uzun süre buharlaşmadan durabilirken bardaktaki suyun birkaç günde buharlaşması nasıl açıklanabilir?**

3.3.1. ÇÖZELTİLERİN KOLİGATİF ÖZELLİKLERİ VE DERİŞİMLERİ



***Görsel 3.10:** Donmuş Çıldır Gölü*

Türkiye'nin önemli turizm merkezlerinden biri olan Çıldır Gölü, hava sıcaklığının -20 ^{o}C'a düşmesiyle tamamen donar (Görsel 3.10) fakat bu sıcaklıklarda denizlerin donduğu görülmemiştir. Denizlerin donması için sıcaklığın daha fazla düşmesi gerekir. 1621 yılında Üsküdar ve Beşiktaş arasının, 1954'te de İstanbul Boğazı'nın donduğu kayıtlara geçmiştir. Boğaz'da oluşan buz kütlelerine basarak Poyrazköy-Rumeli Kavağı arasında yürünebildiği de söylenmektedir.

? Denizlerin göllerden çok daha düşük sıcaklıklarda donmasının nedeni ne olabilir?

Kaynağından çıkan su; derelere, dereler nehirlere, nehirler denizlere dökülünceye kadar farklı maddeleri çözerek ilerler. Akarsuyu ve denizi oluşturan su, çözücü; mineraller ve inorganik tuzlar çözünendir. Çözelti ise çözünen ve çözücüden oluşan homojen karışımdır. Çözeltiler çözücü ve çözünenden farklı özellikler gösterir. Çözünen maddenin kimyasal özelliği çözeltinin genel özelliğini değiştirir. Örneğin çözücü olan saf su elektriği eser miktarda iletirken saf suya çözünen olarak tuz ilave edildiğinde çözeltinin elektrik iletkenliği artar.

Saf çözücüye çözünen ilave edildiğinde oluşan çözeltinin iletkenlik, asitlik veya bazlık, akışkanlık (viskozite), yoğunluk gibi özellikleri farklılık gösterir.

Çözeltilerin bazı özellikleri çözeltide çözünmüş taneciklerin (atom, molekül, iyon) sayısına bağlıdır. Bu özelliklere **koligatif özellikler** denir.

Koligatif özellikler aşağıda verilmiştir:

- Buhar basıncı alçalması
- Donma noktası alçalması (kriyoskopi)
- Kaynama noktası yükselmesi (ebülyoskopi)
- Osmotik basınç (osmoz olayı)

BİLİYOR MUSUNUZ?

Koligatif özellikler;

- Derişime bağlıdır.
- Çözücü cinsine bağlıdır.
- Çözünen cinsine bağlı değildir.

3.3. YORUM SİZDE Koligatif özellikler

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Melek Öğretmen, öğrencilerinden bilgi kaynaklarının güvenilirliğine ve geçerliliğine dikkat ederek koligatif özelliklerle ilgili araştırma yapmalarını, elde ettikleri bilgileri kullanarak konu ile ilgili basit bir deney tasarlamalarını ve yapmalarını ister. Tarık aşağıdaki deneyi yapar:

- 250 mL'lik 3 adet beheri yarısına kadar suyla doldurur.
- İkinci behere 5 g, üçüncü behere 15 g tuz ilave eder.
- Üç beherdeki maddelerin kaynamaya başladığı sıcaklığı termometre ile ölçerek not eder.
- Ertesi gün suyun ve çözeltilerin buharlaşma hızlarını karşılaştırır.

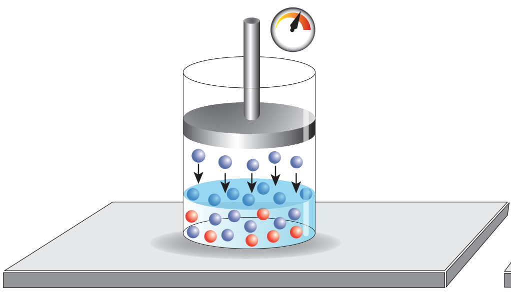
1. **Beherdeki saf su ve çözeltilerin kaynama noktalarını tahmin ediniz. Neden böyle bir tahminde bulunduğunuzu açıklayınız.**

2. **Hangi çözeltinin buharlaşma hızının daha yavaş olduğunu tahmin ediniz.**

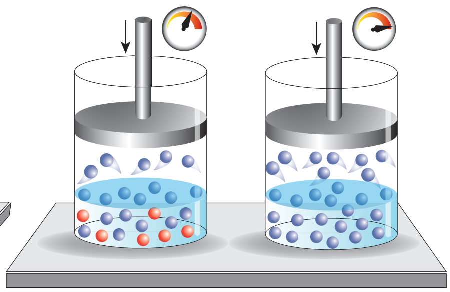
3. **Kaynama noktası ile buhar basıncı arasında nasıl bir ilişki vardır? Yorumlayınız.**

BUHAR BASINCI ALÇALMASI

Sıvı moleküllerinin sıvı yüzeyinden ayrılarak gaz hâline geçmesine **buharlaşma** denir. Buharlaşma, moleküllerin moleküller arası kuvvetleri yenecek yeterli kinetik enerjiye ulaştığında ve her sıcaklıkta gerçekleşir.



Görsel 3.11: *Buhar basıncı*



Görsel 3.12: *Çözelti ve saf suyun buhar basıncı*

Buharlaşan çözücü molekülleri bulundukları ortama basınç uygular. Bu basınca **buhar basıncı** denir (Görsel 3.11). Çözeltinin buhar basıncı saf çözücünün buhar basıncından farklıdır. Örneğin, saf suyun buhar basıncı tuzlu suyun buhar basıncından yüksektir (Görsel 3.12). Çözeltideki çözünen tanecikleri (atomlar, iyonlar, moleküller) çözeltinin yüzeyinden daha az sayıda çözücü molekülünün ayrılmasına neden olduğu için çözeltinin buhar basıncı düşer. Uçucu olmayan katı içeren çözeltilerin buhar basıncı saf çözücüsünden daha düşüktür. Uçucu madde içeren çözeltilerin buhar basıncı suyun buhar basıncından yüksektir (alkol-su karışımı).



Görsel 3.13: Tuz gölünden tuz eldesi

Çözüneni katı olan çözeltilerde ise sadece çözücü buharlaşır. Tuz göllerinden tuz üretilirken bu özellikten yararlanılır (Görsel 3.13).

Çözeltideki çözünen madde miktarı ile çözeltinin buhar basıncı arasındaki ilişki Raoult (Rault), tarafından bulunmuştur. **Raoult Yasası**'na göre bir çözeltideki çözücünün kısmi buhar basıncı saf çözücünün buhar basıncı ile çözeltideki çözücünün mol kesrinin çarpımına eşittir.

$P_{çözücü} = X_{çözücü}\, P^{o}_{çözücü}$

$P_{çözücü}$ = Çözeltideki çözücünün kısmi buhar basıncı

$X_{çözücü}$ = Çözeltideki çözücünün mol kesri

$P^{o}_{çözücü}$ = Saf çözücünün buhar basıncı

Çözeltiyi oluşturan bileşenlerden her iki bileşen de uçucu sıvı ise çözeltinin buhar basıncını hesaplamada Dalton Kısmi Basınçlar Bağıntısı kullanılır. Bileşenlerin kısmi basınçları toplamı çözeltinin buhar basıncına eşittir. Bu durumda Raoult Yasası aşağıdaki gibi uygulanır.

$P_A = X_A\, P^{o}_A$ — P_A = Çözeltideki A bileşeninin kısmi buhar basıncı

X_A = A bileşeninin mol kesri

P^{o}_A = A bileşeninin saf hâldeki buhar basıncı

$P_B = X_B\, P^{o}_B$ — P_B = Çözeltideki B bileşeninin kısmi buhar basıncı

X_B = B bileşeninin mol kesri

P^{o}_B = B bileşeninin saf hâldeki buhar basıncı

Çözeltinin toplam buhar basıncı $P_T = P_A + P_B$

BİLİYOR MUSUNUZ?

Buhar basıncı hesaplamalarında çözünen madde çözeltide iyonlarına ayrışıyorsa mol kesri hesaplanırken iyon sayısı işleme katılmalıdır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **50 °C'ta 342 g suda 164 g $Ca(NO_3)_2$ tuzunun çözünmesiyle oluşan çözeltinin buhar basıncını bulunuz.** (50 °C'ta suyun buhar basıncı 100 mmHg, H: 1 g/mol, N: 14 g/mol, O: 16 g/mol, Ca: 40 g/mol)

Çözüm

$Ca(NO_3)_2\,(k) \rightarrow Ca^{2+}(suda) + 2NO_3^-(suda)$

Çözeltideki $Ca(NO_3)_2$ tuzunun mol sayısı 1'dir. Suda iyonlaşarak çözündüğünde toplam tanecik sayısı 3 olur.

$n = \frac{m}{M_A}$ $\quad n_{su} = \frac{342}{18} = 19$ $\quad n_{Ca(NO_3)_2} = \frac{164}{164} = 1$

$X_{su} = \frac{n_{su}}{n_T}$ $\quad X_{su} = \frac{19}{22} \cong 0,86$ $\quad n_{toplam} = 19 + 3 = 22$ mol

$P_{çözücü} = X_{çözücü} P^{o}_{çözücü}$

$P_{çözücü} = 0,86 \cdot 100 = 86$ mmHg

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıda verilen aynı sıcaklıktaki maddeler karıştırılarak çözelti oluşturuluyor. **Bu çözeltilerin aynı sıcaklıktaki buhar basınçlarını küçükten büyüğe doğru sıralayınız. Sıralamayı neden bu şekilde yaptığınızı açıklayınız.**

I. 0,2 mol NaCl + 2 mol su

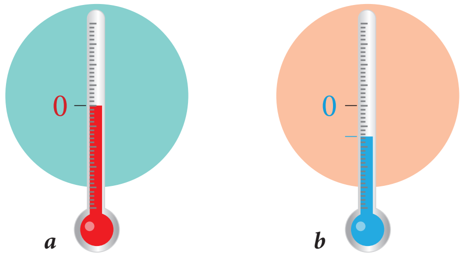
II. 0,1 mol NaCl + 2 mol su

III. 0,5 mol NaCl + 2 mol su

IV. 1 mol NaCl + 2 mol su

DONMA NOKTASI ALÇALMASI (KRİYOSKOPİ)

Sıvıların katı hâle geçtiği sıcaklığa **donma noktası** denir. Çözeltinin donma noktası saf çözücünün donma noktasından daha düşüktür. Çözeltideki çözünen tanecik sayısı arttıkça çözeltinin donması güçleşir ve çözeltinin donma sıcaklığı düşer. Örneğin 1 atm basınçta saf suyun donma noktası 0 °C (Görsel 3.14.a) iken tuzlu suyun donma noktası suyun donma noktasından daha düşüktür (Görsel 3.14.b).



***Görsel 3.14:** a) Saf su **b)** Tuzlu su çözeltisi için donma noktası*

Donma noktası alçalması çözeltideki tanecik sayısı ile doğru orantılıdır. İyonik ve moleküler yapılı bileşiklerde donma noktası alçalması ve kaynama noktası yükselmesi bileşiğin yapısına göre değişir. Şeker, alkol gibi molekül yapılı bileşikler iyonlaşmadan çözündükleri için bu bileşiklerin tanecik sayısı 1 alınır. İyonik bileşikler suda iyonlarına ayrıldıkları için iyon sayısı tanecik sayısını verir.

$NaCl(k) \rightarrow Na^{+}(suda) + Cl^{-}(suda)$

Sodyum klorür 1 tanecik + 1 tanecik = 2 tanecik

$C_6H_{12}O_6(k) \rightarrow C_6H_{12}O_6(suda)$

Glikoz 1 tanecik

Donma noktası alçalması molalite ile doğru orantılıdır.

$\Delta T_d \propto m$

$\Delta T_d = T_d - T_d^o$

ΔT_d = Donma noktası alçalması

T_d = Çözeltinin donma noktası

T_d^o = Saf çözücünün donma noktası

$\Delta T_d = K_d\, m$

m = Çözeltinin molalitesi

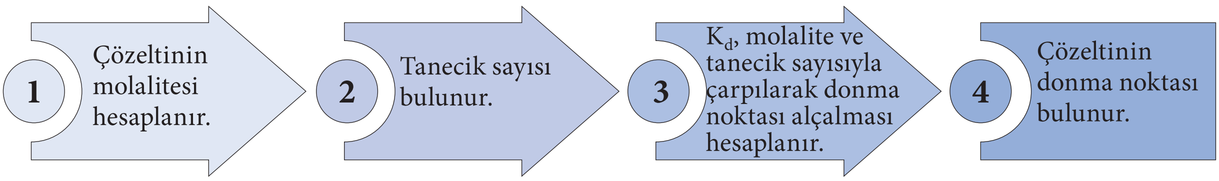
K_d = Molal donma noktası alçalması sabiti (birimi °C/m)

$\Delta T_d = K_d\, m\, T_s$

T_s = Tanecik sayısı

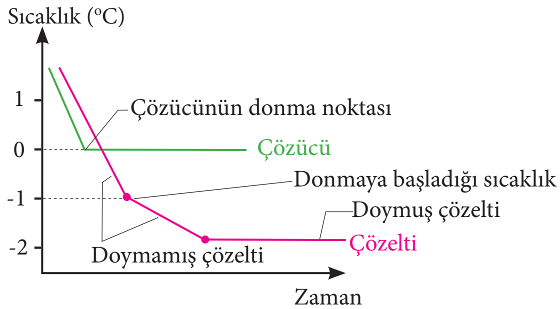
BİLİYOR MUSUNUZ?

Suda çözünen maddeler, suyun donma noktasını düşürür. Herhangi bir balığın vücudundaki çözünmüş maddelerin vücut sıvılarındaki suyun donma noktasını -0,9 °C'a kadar düşürebilmesi buna örnek gösterilebilir. Kutup denizlerinin sıcaklığı da ortalama -1.8 °C civarındadır. Bu sıcaklıklarda suyun donması gerekir fakat deniz suyundaki çözünmüş tuz miktarı, balık vücudundaki çözünmüş madde miktarının iki katı olduğu için deniz suyunun donma noktası -1,9 °C'a kadar düşer. Bu sıcaklıklarda normal bir balığın yaşaması imkansızdır ancak Antarktika'yı çevreleyen Güney Okyanusu'nun sığ sularında yüzeydeki buz ile tabandaki buz kristalleri arasında yaşayan bazı balık türleri vardır. Bu balıklar, vücutlarındaki özel moleküller [antifriz proteinleri (AFP)] sayesinde donmadan hayatlarını devam ettirir.



Çözünen tanecik sayısı ne kadar fazla ise donma noktası da o kadar alçalır. Çözeltide uçucu madde varsa donma noktası alçalması, katı maddelerin sıvı madde içinde çözünmesi ile aynı özellikleri gösterir. Donma noktası alçalmasında çözelti düzensiz hâlden daha düzenli hâle geçer. Çözelti doymuş hâle geldikten sonra sıcaklık sabit kalır.

Saf çözücünün donma noktası, çözeltinin donma noktasından daha yüksektir (Grafik 3.1).



***Grafik 3.1:** Saf çözücünün (su) ve çözeltinin donma noktalarının karşılaştırılması*



Görsel 3.15: Araba radyatörüne antifiriz eklenmesi

Donma noktası alçalmasından günlük yaşamda da yararlanılır. Örneğin soğuk ve yağışlı havalarda Karayolları Genel Müdürlüğüne veya belediyelere ait araçlar donma sıcaklığını düşürmek ve donmayı geciktirmek için yollara tuz atar. Su ısıtmak için kullanılan güneş panellerinin ve araba radyatörlerinin kış aylarında donmasını engellemek için antifriz (genellikle etandiol uçucu maddesi) kullanılır (Görsel 3.15).

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki bileşiklerin suda çözündüklerinde oluşturdukları tanecik sayısını bulunuz.

a) $C_6H_{12}O_6$

b) $MgCO_3$

c) KCl

ç) $Ca_3(PO_4)_2$

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 1 000 g suda çözünen 117 g NaCl çözeltisinin donmaya başladığı sıcaklığı bulunuz.
(Na: 23 g/mol, Cl: 35,5 g/mol, H_2O için K_d: 1,86 °C kg/mol)

Çözüm

1 000 g = 1kg

$M_{A_{NaCl}} = 23 + 35,5 = 58,5$ g/mol

$$n = \frac{m}{M_A} = \frac{117}{58,5} = 2 \text{ mol}$$

$$m = \frac{\text{Çözünen maddenin mol sayısı}}{\text{Çözücünün kütlesi}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ molal}$$

$$NaCl(k) \xrightarrow{H_2O(s)} Na^+(suda) + Cl^-(suda)$$

Sodyum klorür 1 tanecik + 1 tanecik = 2 tanecik

$\Delta T_d = K_d\, m\, T_s$

$\Delta T_d = 1,86 \cdot 2 \cdot 2 = 7,44$

$T_d = 0 - 7,44 = -7,44$ °C

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 2 000 g suda çözünen 59,5 g KBr çözeltisinin donmaya başladığı sıcaklığı bulunuz.
(K: 39 g/mol, Br: 80 g/mol, H_2O için K_d: 1,86 °C kg/mol

3.4. YORUM SİZDE Donma Noktası Alçalması

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Babaları pilot olan Melis ve Umut, bir kış günü havaalanına babalarını ziyarete giderler. Aprondaki uçakların bir sıvı ile yıkandığını görünce babalarına bunun sebebini ve uçakların neyle yıkandığını sorarlar. Babaları, "Uçaklar, buzlanma tehlikesine karşı uçuş öncesinde belirli aralıklarla alkollü su ile yıkanır." der.



1. **Uçuştan önce uçakların belirli periyotlarla alkol çözeltisi ile yıkanması donmayı nasıl geciktirebilir?**

2. **Uçakların buzlanmasını engellemek için başka hangi yöntemler uygulanabilir? Araştırınız. Gerekçeleriyle açıklayınız.**

KAYNAMA NOKTASI YÜKSELMESİ (EBÜLYOSKOPİ)

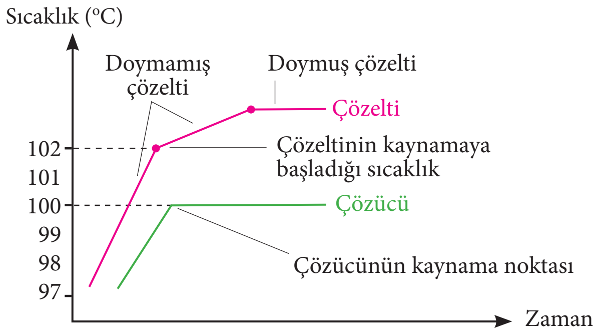
Buharlaşma her sıcaklıkta gerçekleşmesine rağmen saf maddeler için kaynama belli bir sıcaklıkta gerçekleşir. Belli bir basınçta kaynama sıcaklığı o madde için ayırt edici özelliktir. Örneğin, saf su 1 atm basınçta 100 °C'ta kaynar ancak kaynamaya başlayan suya bir miktar tuz atıldığında kaynamanın durduğu görülür (Görsel 3.16).



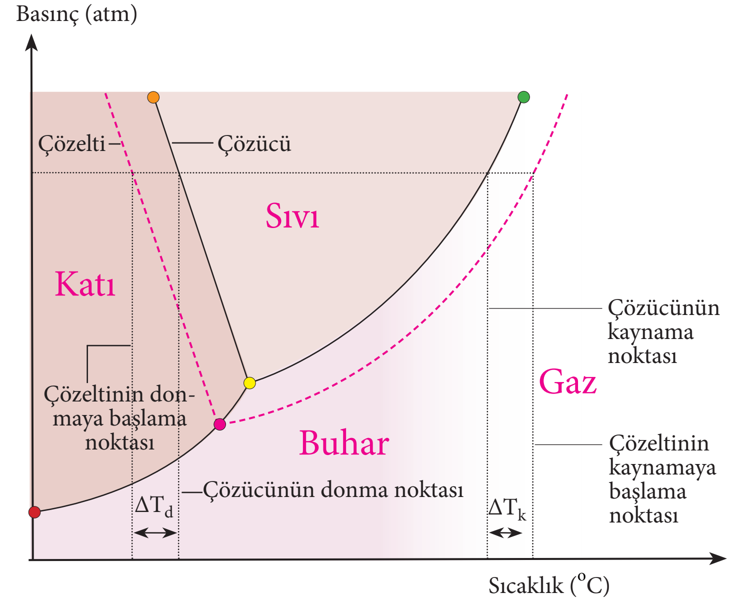
***Görsel 3.16:** Kaynayan suya tuz atılması*

Kaynayan suya tuz atıldığında kaynamanın durmasının nedeni ne olabilir?

Çözeltinin kaynama noktası, buhar basıncının atmosfer basıncına eşit olduğu sıcaklıktır. Uçucu olmayan bir maddenin uçucu bir sıvıda çözünmesi ile oluşan çözeltinin buhar basıncı saf sıvıya göre düşük, kaynama noktası da yüksek olur. Uçucu olmayan katı içeren çözeltilerin buhar basınçları saf maddelere göre daha düşüktür (Grafik 3.2).



***Grafik 3.2:** Su ve uçucu olmayan çözünen içeren çözeltinin kaynama noktalarının karşılaştırılması*



***Grafik 3.3:** Suyun ve uçucu olmayan çözünen içeren çözeltinin faz diyagramı*

Herhangi bir sıcaklıkta çözeltinin buhar basıncı saf çözücünün buhar basıncından daha düşük olduğundan çözeltinin sıvı-buhar eğrisi saf çözücünün sıvı buhar eğrisinin altında kalır. Grafikteki noktalı çizgi çözeltinin, kesiksiz çizgiler 1 atmosfer basınçtaki saf çözücünün kaynama noktasını göstermektedir. Grafik incelendiğinde de çözeltinin kaynama noktasının saf çözücünün kaynama noktasından yüksek olduğu görülür (Grafik 3.3). Kaynama noktası yükselmesi ΔT_k aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\Delta T_k = T_k - T_k^o$$

ΔT_k = Kaynama noktası yükselmesi

T_k = Çözeltinin kaynamaya başlama noktası

T_k^o = Saf çözücünün kaynama noktası

BİLİYOR MUSUNUZ?

Suyun 1 atmosfer basınçtaki normal kaynama noktası 100 °C, kaynama noktası yükselmesi sabiti (K_k) 0,52'dir.

Kaynama noktası yükselmesi molalite ile doğru orantılıdır.

$\Delta T_k \propto m$

$$\Delta T_k = K_k \, m$$

m = Çözeltinin molalitesi

K_k = Molal kaynama noktası yükselmesi sabiti (birimi °C/m)

$$\Delta T_k = K_k \, m \, T_s$$

ΔT_k = Kaynama noktası yükselmesi

K_k = Molal kaynama noktası yükselmesi sabiti

m = Çözeltinin molalitesi

T_s = Tanecik sayısı

1. Çözeltinin molalitesi hesaplanır.
2. Tanecik sayısı bulunur.
3. K_k, molalite ve tanecik sayısıyla çarpılarak kaynama noktası yükselmesi hesaplanır.
4. Çözeltinin kaynamaya başladığı nokta bulunur.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 3 000 g suda 135 g glikoz çözündüğünde çözeltinin saf çözücüye göre

a) Kaynama noktası yükselmesini,

b) Kaynamaya başladığı noktayı,

c) Donma noktası alçalmasını,

ç) Donmaya başladığı noktayı hesaplayınız.
($C_6H_{12}O_6$: 180 g/mol, H_2O: 18 g/mol su için K_k = 0,52 °C/m; K_d = 1,86 °C/m)

Çözüm

$$n = \frac{m}{M_A} = \frac{135}{180} = 0{,}75 \text{ mol}$$

3 000g = 3 kg

$$m = \frac{n_{çözünen}}{m_{çözücü}} = \frac{0{,}75}{3} = 0{,}25 \text{ molal}$$

a) $\Delta T_k = K_k\, m\, T_S$

$\Delta T_k = 0{,}52 \cdot 0{,}25 \cdot 1$

$\Delta T_k = 0{,}13$

b) $T_k = 100 + 0{,}13$

$T_k = 100{,}13\ ^\circ C$

c) $\Delta T_d = K_d\, m\, T_S$

$\Delta T_d = 1{,}86 \cdot 0{,}25 \cdot 1$

$\Delta T_d = 0{,}465$

ç) $T_d = 0 - 0{,}465$

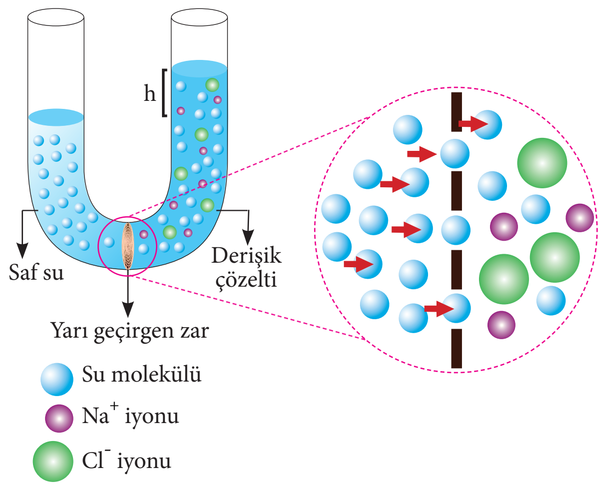
$T_d = -0{,}465\ ^\circ C$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 1 kg suya 149 g KCl ilave ediliyor. **Çözeltinin kaynama noktası yükselmesini ve donma noktası alçalmasını hesaplayınız.** (K: 39 g/mol, Cl: 35,5 g/mol su için K_k = 0,52 °C/m, K_d = 1,86 °C/m)

OSMOTİK BASINÇ

Çözeltinin derişimine bağlı özelliklerden biri de osmotik basınçtır. Kuru bakliyatların (nohut, kuru fasulye vb.) pişirilmeden önce bir süre suda bekletilmesinin amacı osmotik basınçtan faydalanmaktır. Suda bekletilen baklagiller, suyu çektiği için yumuşar ve şişer. Bunun nedeni su moleküllerinin baklagilin içine girmesi fakat baklagil içindeki moleküllerin suya karışmamasıdır. Osmoz olayı sıvı-sıvı karışımları için de geçerlidir. Aynı ortamdaki seyreltik ve derişik çözeltilerin arasına konan ve küçük gözeneklerden oluşan yarı geçirgen zar, çözeltideki çözücü moleküllerini geçirirken çözünenin geçişini engeller. Çözücünün yarı geçirgen zar sayesinde seyreltik çözeltiden derişik çözeltiye geçmesine **osmoz** adı verilir.



Görsel 3.17: *Osmoz*

Görsel 3.17'de içinde derişik çözelti, saf su ve aralarında da yarı geçirgen zar bulunan U şeklindeki boru görülmektedir. Derişik çözeltideki tuz iyonlarının su moleküllerine yaptığı çekim, su moleküllerinin seyreltik taraftan derişik tarafa geçmesini sağlar. Su geçişi sonrasında derişik çözeltinin olduğu taraftaki su miktarı artar. Sıvı yükseklik farkı (h yüksekliği) belli bir basınç oluşturur. Bu basınca **osmotik basınç** adı verilir. Basınç, U borunun iki tarafındaki çözücü moleküllerinin geçişini durdurur. Osmotik basınç, suda çok çözünmüş maddelerin suda az çözünmüş maddelere uyguladığı çekim kuvveti olarak da tanımlanabilir. Osmotik basınç, çözeltinin birim hacimde çözünen madde miktarına bağlıdır, çözeltinin cinsine bağlı değildir.

Osmotik basınca kimyasal ve biyolojik birçok olayda rastlanır. Bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyu topraktan almalarında kök hücrelerindeki osmotik basınç rol oynar. Bahçe bitkisinin kök hücresindeki osmotik basınç ile çöldeki bir bitkinin osmotik basıncı farklıdır.

İnsan vücudundaki doku sıvısında bulunan maddelerin, çekim kuvveti ile kana geçmesini osmotik basınç sağlar. Kandaki yoğunluk arttıkça dokulardan su çekilmesi de artar. Tuzlu yemek yedikten sonra susuzluğun artmasının nedeni budur.

3.2. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Osmotik Basınç Etkisi

DENEYİN AMACI **Süre:** 40 dakika

Osmotik basıncın saf su ve tuzlu suda bırakılan patatesler üzerindeki etkisini gözlemleyebilme.

Yönerge: Deney basamaklarını takip ederek deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

Araç Gereç: 2 adet 250 mL'lik beher, 10 g tuz (NaCl), 2 adet aynı uzunluk ve kalınlıkta kesilmiş patates dilimi, spatül, saf su.

DENEYİN BASAMAKLARI

1. Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız.
2. Beherlerin yarısına kadar su doldurunuz.
3. Beherlerden birine 10 g tuz ilave edip çözeltiyi karıştırınız.
4. Her iki behere de birer patates dilimi koyunuz.
5. Ertesi gün saf sudaki ve tuzlu sudaki patates dilimlerini karşılaştırınız. Gözlemlerinizi not ediniz.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

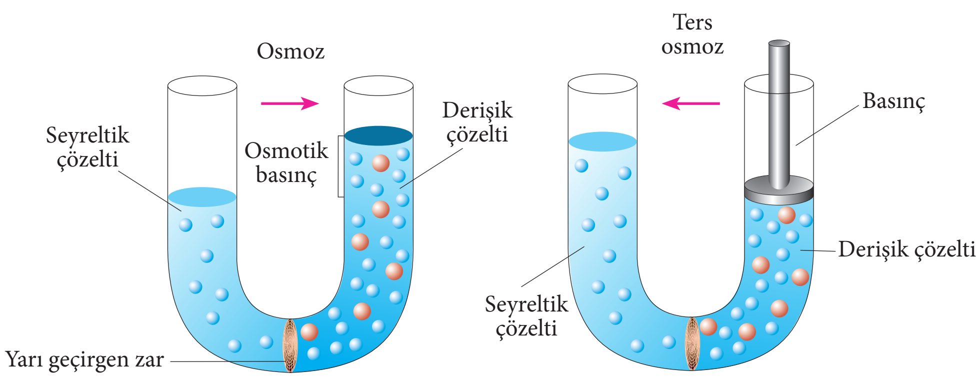
1. Patates dilimleri arasında ne gibi farklar oluşmuştur?

2. Patates dilimleri arasındaki fiziksel ve kimyasal farkların nedeni ne olabilir?

3. Yüksek miktarda tuz içeren çözeltideki patateste gerçekleşen olay hangi koligatif özelliğe benzemektedir?

TERS OSMOZ YÖNTEMİYLE SU ARITIMI

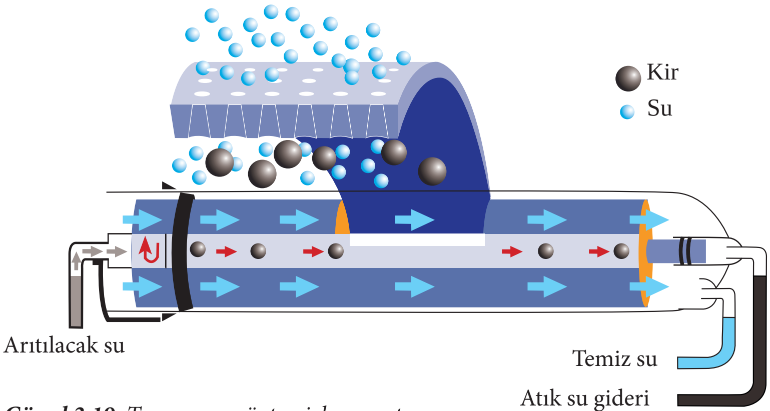
Osmoz sonrası çözelti üzerindeki basınç çok artarsa çözücü seyreltik çözelti tarafına geçmeye başlar. Bu olaya **ters osmoz** adı verilir. Ters osmoz, osmoz olayı gibi kendiliğinden gerçekleşmez. Ters osmozda derişik çözeltiye enerji verilerek su, derişik çözeltiden seyreltik çözeltiye geçirilir (Görsel 3.18).



Görsel 3.18: *Osmoz ve ters osmoz*

Ters osmoz yöntemi, günlük yaşamda su arıtmada, deniz suyunu içme suyuna dönüştürmede, endüstriyel atıkları ya da atık suları doğaya atmadan önce içlerindeki çözünmüş maddelerden arındırmada kullanılır.

Ters osmozda kullanılan yarı geçirgen zarın gözenekleri çok küçüktür. Delikli bir boru etrafına sarılan yarı geçirgen zar, su moleküllerinin geçmesine izin verirken organik maddelerin, çözünmüş tuzların, bakterilerin vb. geçişini engeller. Arıtılacak su, sisteme tek girişten basınçla girer ve yarı geçirgen zarın etrafında dolanır. Su, basınç sayesinde zardan geçerken diğer maddeler geçemez. Çıkıştaki boruların birinden temiz, diğerinden atık su çıkar. Suların ters osmozla arıtılması aşağıdaki gibi gösterilebilir (Görsel 3.19):



***Görsel 3.19:** Ters osmoz yöntemiyle su arıtımı*

3.3. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Kaynama Noktaları

DENEYİN AMACI

Süre: 40 dakika

Çözücüsü su olan farklı derişimlerdeki KCl ve $C_6H_{12}O_6$ çözeltilerinin kaynama noktasını/kaynamaya başladığı noktayı bulabilme.

Yönerge: Deney basamaklarını takip ederek deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

Araç Gereç: Saf su, 2 ve 4 molallik KCl çözeltileri, 2 ve 4 molallik $C_6H_{12}O_6$ çözeltileri, kaynama taşı, termometre, beher (5 adet 500 mL'lik), sacayak, kibrit veya çakmak, ispirto ocağı, mantar, destek çubuğu, kıskaç.

DENEYİN BASAMAKLARI

1. Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız.
2. Behere 250 mL su doldurarak beherin içine 1-2 tane kaynama taşı atınız ve termometre yerleştiriniz. Termometrenin kabın dibine değmemesi için termometreyi mantarın içinden geçiriniz, kıskaç ve destekle tutturunuz.
3. Beheri ısıtınız. Suyun kaynamaya başladığı sıcaklığı aşağıdaki tabloya not ediniz.
4. Yukarıdaki her iki basamağı 2 ve 4 molallik KCl ve $C_6H_{12}O_6$ çözeltileri için de yapınız. Bulduğunuz değerleri aşağıdaki tabloya not ediniz.

Su/Çözelti	Kaynama Noktası/Kaynamaya Başladığı Nokta (°C)
Saf su	
2 molallik KCl çözeltisi	
4 molallik KCl çözeltisi	
2 molallik $C_6H_{12}O_6$ çözeltisi	
4 molallik $C_6H_{12}O_6$ çözeltisi	

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Farklı maddelerin eşit derişimli çözeltilerinin kaynama noktası/kaynamaya başladığı noktalar neden farklıdır? Açıklayınız.

2. Maddelerin derişimi ile kaynama noktası/kaynamaya başladığı noktalar arasındaki ilişkiyi açıklayınız.



4. BÖLÜM

3.4. ÇÖZÜNÜRLÜK

Neleri Bilmelisiniz?

- Çözünürlüğe etki eden faktörleri,
- Katı, sıvı ve gazların çözünürlüğünü bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- Çözeltileri çözünürlük kavramı temelinde sınıflandırırken
  - a) Seyreltik, derişik, doygun, aşırı doygun ve doymamış çözelti kavramlarını,
  - b) Çözünürlükleri g/100 g su birimi cinsinden hesaplamayı,
  - c) Çözünürlükle ilgili hesaplamalar yapmayı öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- **Bayramlardan önce hazırlanan baklava gibi şerbetli tatlılar birkaç gün sonra kristallenmeye başlar. Kristallenen tatlılar eski hâline nasıl getirilebilir?**
- **Türk kahvesi az ya da çok şekerli veya sade içilir. Kahvenin az ya da çok şekerli veya sade olması ile çözünen miktarları arasında nasıl bir bağlantı vardır?**

3.4.1. ÇÖZELTİLERİN SINIFLANDIRILMASI



***Görsel 3.20:** Maske, sabun ve dezenfektan*

Koronavirüs hastalığı (COVID-19), 2019'da Aralık ayının sonlarında Çin'in Vuhan eyaletinde ortaya çıkmıştır. Hastalığın nedeni virüstür. Virüs, hasta bireylerin öksürmeleri ya da hapşırmaları sonucu ortama saçılan damlacıkların solunması ile bulaşabilir. Kirlenmiş yüzeylere dokunulduktan sonra yıkanmayan ellerin yüz, göz, burun veya ağza götürülmesi de virüsün bulaşmasına neden olur. Virüsten korunmak için maske takılmalı, dış ortamda birçok yere temas edildiği için eller en az 20 saniye sabun ve suyla yıkanmalıdır. Sabun ve suyun olmadığı durumlarda ise alkol bazlı el antiseptiği ve kolonya gibi malzemelerle temizlenmelidir (Görsel 3.20). Virüslerin ölmesi için kullanılacak kolonyanın 70° olması yeterli değildir, 80° ya da 80° nin üstünde olması gerekir.

? Kolonyanın 70° veya 80° olması, kolonya içinde çözünen etanol oranını belirtir. 70° ve 80° lik kolonyalar nasıl sınıflandırılabilir?

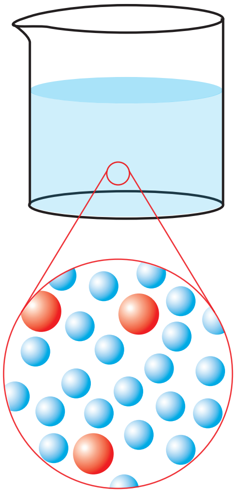
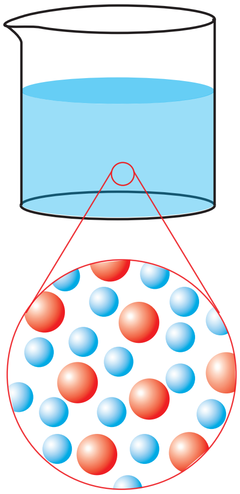
Kolonyanın ve antiseptiklerin yapısında genelde etanol ve su bulunur. Etanol ile su, polar özellik gösteren iki sıvıdır ve homojen karışım oluşturur.

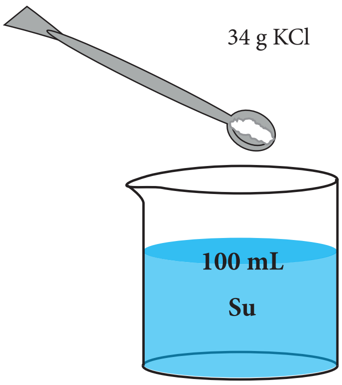
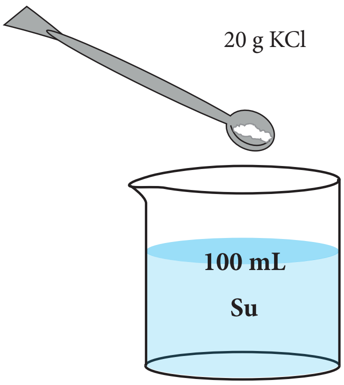
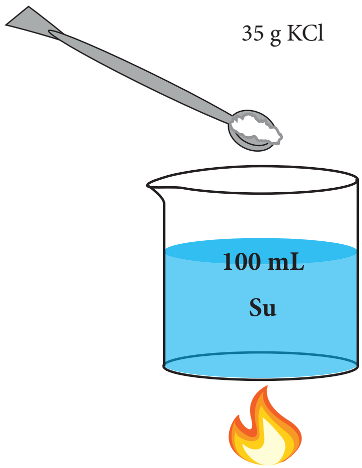
Bir maddenin bir başka madde içinde kimyasal özelliklerini kaybetmeden moleküller veya iyonlar hâlinde homojen dağılmasına **çözünme** adı verilir. Katı, sıvı ve gazlardan oluşan bir veya daha fazla maddenin diğer madde ya da maddeler içinde çözünerek oluşturdukları homojen karışımlara ise **çözelti** denir.

Çözeltiler karışımdır ve çözeltilerin en az iki bileşeni vardır. Bileşenlerden miktarı çok olana ve dağılma ortamına **çözücü**, miktarı az olan ve dağılan maddeye de **çözünen** denir fakat bu tanıma uymayan çözeltiler de vardır. Örneğin sodyum nitratın 60 °C'taki çözünürlüğü 124 g/100 g sudur.

Çözeltiler içerdikleri çözünmüş madde miktarına göre **seyreltik, derişik, doygun, aşırı doygun ve doymamış çözelti** olarak sınıflandırılabilir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: *İçerdikleri Çözünmüş Madde Miktarına Göre Çözeltiler (d_{su}: 1 g/mL)*

Bir Çözücü İçinde Çözünen Madde Miktarının Az veya Çok Olmasına Göre Çözeltiler	
Seyreltik Çözelti	**Derişik Çözelti**
	
Belirli bir çözeltiye göre birim hacimdeki çözünen madde miktarı az olan çözeltidir.	Belirli bir çözeltiye göre birim hacimdeki çözünen madde miktarı çok olan çözeltidir.

İçerdikleri Çözünmüş Madde Miktarına Göre Çözeltiler		
Doygun Çözelti	**Doymamış Çözelti**	**Aşırı Doygun Çözelti**
		
Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktar çözücünün çözebileceği maksimum maddeyi çözmüş olan çözeltidir. Örneğin 20 °C'ta 100 mL suya 34 g potasyum klorür eklenerek hazırlanan çözelti doygun çözeltidir (20 °C'ta potasyum klorürün çözünürlüğü 34 g/100 g sudur.).	Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktar çözücünün çözebileceğinden daha az çözünen madde içeren çözeltidir. Örneğin 20 °C'ta 100 mL su en fazla 34 g potasyum klorür çözebilir. Bu sıcaklıkta 100 mL suya 20 g potasyum klorür ekleyerek oluşturulan çözelti doymamış çözeltidir.	Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktar çözücünün çözebileceğinden daha fazla çözünen madde içermesidir. Aşırı doygun çözeltiler kararsızdır, soğutulduğunda çözünmüş maddenin bir miktarı dibe çöker ve çözelti doygun hâle gelir.

3.5. YORUM SİZDE Hangi Deniz Daha Tuzlu?

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Türkiye'nin üç tarafı denizlerle çevrilidir. Kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Akdeniz, batısında Ege Denizi yer alır. Karadeniz ile Ege Denizi'ni birbirine bağlayan ve bir iç deniz olan Marmara Denizi de bunlardan biridir. Akdeniz'in Ege Denizi'ne, Ege Denizi'nin Marmara Denizi'ne, Marmara Denizi'nin ise Karadeniz'e göre tuz oranı daha yüksektir.

1. **Türkiye'nin çevresindeki denizleri derişikten seyreltiğe doğru sıralayınız.**

2. **Çözeltilerin seyreltik ve derişik olma durumlarına günlük yaşamdan örnek vererek açıklayınız.**

ÇÖZÜNÜRLÜK

Belirli bir sıcaklık ve basınçta 100 g çözücüde çözünen en fazla madde miktarına **çözünürlük** denir. Çözünürlük aşağıdaki eşitlik ile gösterilir:

$$\text{Çözünürlük} = \frac{\text{Çözünenin kütlesi (g)}}{\text{100 g çözücü}}$$

Çözünürlük, bir çözeltide çözünen madde miktarının en üst sınırıdır ve çözünen madde ile çözücü maddenin miktarına bağlı değildir; maddeler için ayırt edici bir özelliktir.

Maddelerin çözünürlüğünü etkileyen birçok faktör vardır. Sıcaklık, basınç, ortak iyon etkisi ve çözücünün türü bunlardan bazılarıdır.

Bazı tuzların aynı ve farklı sıcaklıklardaki çözünürlük değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Tabloya göre 0 ^{o}C'ta sodyum klorür 35,7 g çözünürken potasyum klorür 27,6 g çözünür. 50 ^{o}C'ta 100 g suda en fazla 37 g sodyum klorür çözünürken potasyum klorür 42,6 g çözünebilir. Bu değerler sıcaklık arttıkça bazı tuzların çözünürlüğünün arttığını fakat çözünürlük miktarının çözünen maddeye göre değiştiğini göstermektedir.

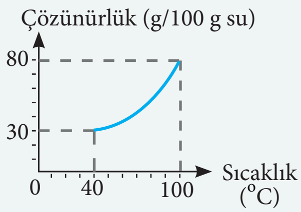
Tablo 3.2: *Bazı Katıların Farklı Sıcaklıklardaki Çözünürlükleri (g/100 g su)*

Madde \ Sıcaklık (^{o}C)	0	10	20	30	40	50	60
Sodyum klorür	35,7	35,8	36,0	36,3	36,5	37,0	37,2
Sodyum nitrat	73,0	80,0	88,0	96,0	104,0	113,0	124,0
Potasyum sülfat	7,35	9,22	11,1	12,8	14,7	16,5	18,3
Potasyum nitrat	13,3	20,9	31,6	46,0	63,9	85,5	110,0
Potasyum klorür	27,6	31,0	34,0	37,0	40,0	42,6	45,5

ÇÖZÜNÜRLÜK HESAPLAMALARI

Maddelerin çözünürlük değerleri, sabit basınçta her sıcaklık değeri için farklıdır. Belli bir sıcaklık için çözünürlük değerlerinden yararlanılarak çözelti içindeki çözücü ve çözünen madde miktarı hesaplanabilir. Çöken maddeyi çözmek, çözücü ya da doymamış çözeltiyi doygun hâle getirmek için gerekli çözünen madde miktarı belirlenebilir. Ayrıca sıcaklık değişimlerinde çöken madde veya tekrar doygun çözelti elde etmek için gerekli madde miktarı hesaplanabilir. Grafiklerden yararlanarak çözünürlük, çözünen veya çözücü madde miktarı bulunabilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 

Yandaki çözünürlük-sıcaklık grafiğinden yararlanılarak 40 °C'taki doygun çözeltinin sıcaklığı 100 °C'a çıkarılıyor. Çözeltinin tekrar doygun hâle gelmesi için 100 g daha tuz ilave ediliyor.

Buna göre hazırlanan çözeltide kaç gram su kullanılmıştır?

Çözüm

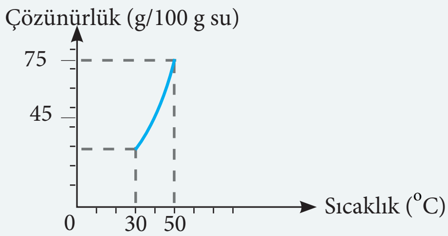
100 g su için 80 - 30 = 50 g tuz çözmek gerekir.

50 g tuz için 100 g su gerekiyorsa

100 g tuz için X g su gerekir.

$X = 100 \cdot \frac{100}{50} = 200$ g su kullanılmıştır.

2. Aşağıdaki grafiğe göre 50 °C'ta doygun 525 g X çözeltisinde kaç g X tuzu bulunur?



Çözüm

50 °C'ta 100 g suda 75 g X tuzu çözünüyor.

100 + 75 = 175 g çözelti

175 g çözeltide 75 g tuz varsa

525 g çözeltide X g tuz vardır.

$X = 525 \cdot \frac{75}{175} = 225$ g tuz bulunur.

3. 12,8 g potasyum sülfat 100 g suda çözünerek doygun çözelti hazırlanıyor. **Aynı koşullarda 300 g suda kaç g potasyum sülfat çözünür?**

Çözüm

100 g suda 12,8 g potasyum sülfat çözünüyorsa

300 g suda X g potasyum sülfat çözünür.

$X = 12{,}8 \cdot \frac{300}{100} = 38{,}4$ g potasyum sülfat çözünür.

4. 25 °C'ta 200 g su ile hazırlanan doygun tuz çözeltisinin kütlece % derişimi nedir?
(Tuzun 25 °C'ta çözünürlüğü 25 g/100 g su)

Çözüm

100 g suda 25 g tuz çözünürse

200 g suda X g tuz çözünür.

$X = 200 \cdot \frac{25}{100} = 50$ g tuz çözünür.

$\text{Kütlece } \% = \frac{m_{çözünen}}{m_{çözelti}} \cdot 100$

$\text{Kütlece } \% = \frac{50}{250} \cdot 100 = \%20$ olur.

ÖRNEK ÇÖZÜM

5. Sabit sıcaklıkta 90 g tuzu 300 g suda çözen Emir, çözeltiye 50 g daha tuz ekliyor. **Çözeltinin son kütlesi 420 g olduğuna göre Emir'in hazırladığı çözeltideki tuzun çözünürlüğü kaç g/100 g sudur?**

Çözüm

Başlangıçtaki çözelti = 300 g suda 90 g tuz çözünürse 300 + 90 = 390 g,

50 g tuz eklendiğinde 390 + 50 = 440 g çözelti olması gerekirken 420 g çözelti olur.

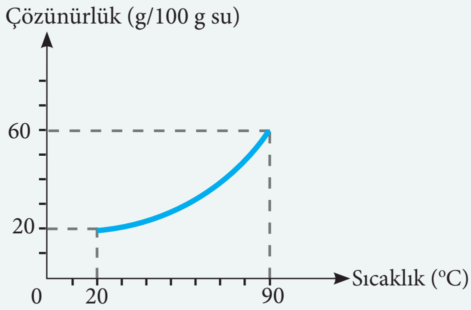
440 - 420 = 20 g tuz çöker.

420 - 300 = 120 g tuz çözünür.

300 g suda   120 g tuz çözünüyorsa
100 g suda   X g tuz çözünür.

$X = 100 \cdot \frac{120}{300} = 40$ g/100 g sudur.

6. Aşağıdaki grafik A tuzunun çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimini göstermektedir. Bu grafiğe göre 20 °C'ta 120 g su ile hazırlanan doygun A çözeltisine 200 g su katılarak sıcaklık 90 °C'a çıkarılıyor. **Çözeltinin 90 °C'ta doygun olabilmesi için kaç g daha A tuzu çözünmelidir?**



Çözüm

20 °C'ta

100 g suda   20 g tuz çözünürse
120 g suda   X g tuz çözünür.

$X = 120 \cdot \frac{20}{100} = 24$ g tuz çözünür.

200 g su ilave edilince

200 + 120 = 320 g su bulunur.

90 °C'ta

100 g suda   60 g tuz çözünürse

320 g suda   X g tuz çözünür.

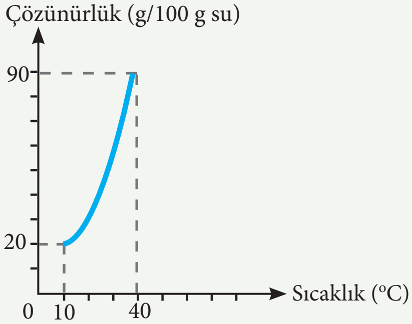
$X = 320 \cdot \frac{60}{100} = 192$ g A tuzu ile doygun çözelti elde edilebilir.

192 - 24 = 168 g A tuzu daha çözünmelidir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 50 °C'ta 700 g doymamış çözeltiyi doygun hâle getirmek için 50 g daha tuz ilave etmek gerekiyor. **Çözeltideki su miktarı 500 g olduğuna göre bu sıcaklıktaki tuzun çözünürlük değeri kaç g/100 g sudur?**

2. A tuzuna ait çözünürlük-sıcaklık grafiği verilmiştir. **40 °C'ta 570 g doygun çözeltinin sıcaklığı 10 °C'a düşürülürse çöken tuzu çözmek için 10 °C'ta kaç g su gerekir?**



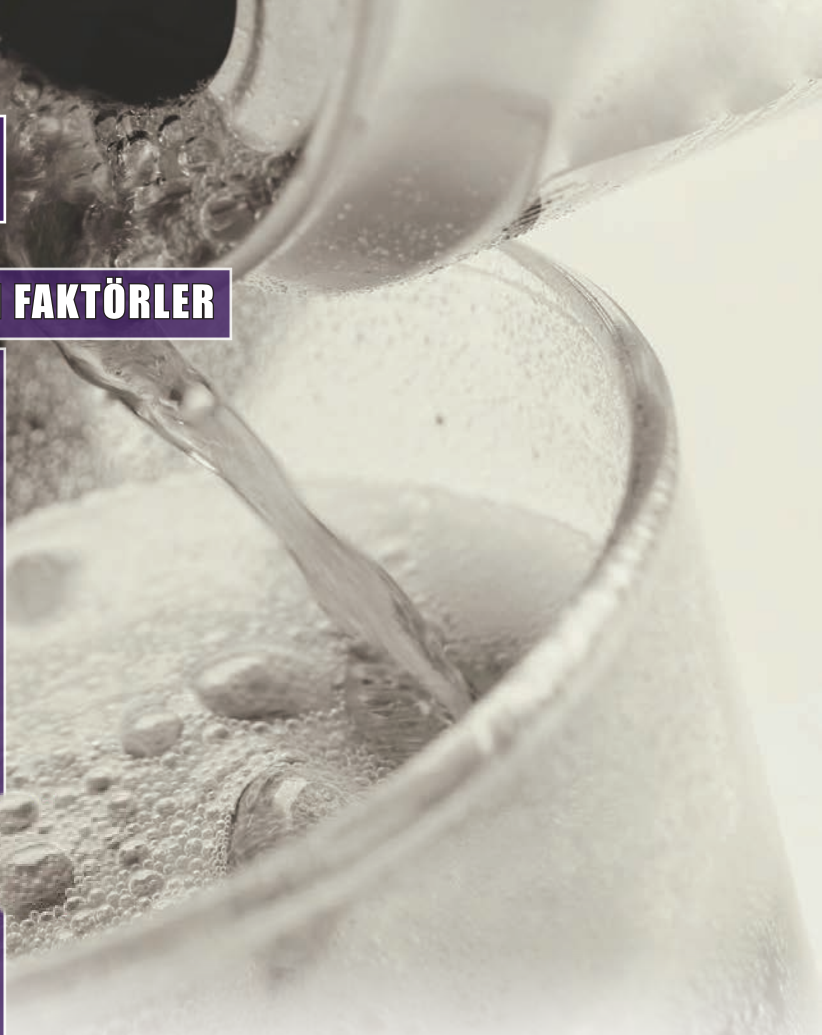
3. 60 °C'ta 40 g tuz içeren 290 g çözelti 20 °C'a kadar soğutuluyor. **Aynı sıcaklıkta doygun çözelti elde edilebilmesi için kaç g tuz eklenmelidir?** (20 °C'ta çözünürlük 20 g/100 g sudur.)

4. Aşağıdaki tabloda katı bir maddenin sıcaklığa bağlı çözünürlük değerleri verilmiştir.

Sıcaklık (°C)	Çözünürlük (g/100 g su)
20	10
40	30
60	80

Buna göre, 60 °C'ta 270 g doymuş çözelti soğutulduğunda 75 g X maddesinin çökmesi için son sıcaklık kaç °C olmalıdır?

5. 40 °C'ta 750 g su ile 1 050 g doymamış çözelti hazırlanıyor. Bu çözeltiyi doygun hâle getirmek için 150 g daha tuz ekleniyor. **Bu sıcaklıkta tuzun çözünürlüğü kaç g/100 g sudur?**



5. BÖLÜM

3.5. ÇÖZÜNÜRLÜĞE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Neleri Bilmelisiniz?
- Katı, sıvı ve gazların çözünürlüğünü,
- Çözünürlüğe etki eden faktörleri bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?
- Çözünürlüğün sıcaklık ve basınçla ilişkisini açıklarken
  a) Farklı tuzların sıcaklığa bağlı çözünürlük eğrilerini yorumlamayı,
  b) Tuzların farklı sıcaklıklardaki çözünürlüklerinden faydalanarak deriştirme ve kristallendirme ile ilgili hesaplamaları yapabilmeyi,
  ç) Gazların çözünürlüklerinin basınç ve sıcaklıkla değişimini ve çözünürlük eğrilerini yorumlamayı,
  c) Çözünürlüğün sıcaklık ve basınçla ilişkisini elektronik tablolama programı kullanarak kurgulamayı, değerler değiştirildiğinde gerçekleşen değişiklikleri gözlemleyerek yorumlamayı öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK
- Gazlı içeceklerin üzerinde "Soğuk içiniz." yazar. İçeceğin soğuk veya sıcak olması tadını nasıl etkiler?
- Yeni açılan gazozun içinden çıkan gaz kabarcıklarının bir süre sonra durmasının nedeni nasıl açıklanabilir?

3.5.1. ÇÖZÜNÜRLÜĞÜN SICAKLIK VE BASINÇLA İLİŞKİSİ

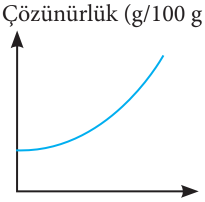


Görsel 3.21: *Kireçlenmiş rezistans*

Çaydanlık, termos, yumurta ısıtıcısı gibi mutfak gereçlerinin içinde; çamaşır ve bulaşık makinesi rezistanslarında (Görsel 3.21) bir süre kullanıldıktan sonra krem renginde veya beyaz renkte tortular oluşur. Bu tortuların giderilmesi için genellikle özel çözücüler kullanılır. Tortuların sirke ve karbonatla temizlenmesi de mümkündür. Temizleme işlemi kaynamış sirke ile yapılırsa daha fazla tortu çözünür.

Çaydanlık ve termoslardaki tortuların karbonat ve kaynamış sirke karışımı ile daha fazla giderilebilmesinin nedeni ne olabilir?

Saf çözücüye katı çözünen eklendiğinde çözücü molekülleri de çözünen molekülleri de birbirinden ayrılır. Bu durum, çözünen taneciklerinin çözücü içinde dağılmasına ve çözünmenin gerçekleşmesine neden olur ancak çözünme her madde için aynı gerçekleşmez. Katı, sıvı ve gazların çözünmesi ortamın sıcaklık ve basıncına göre farklılık gösterir.



Grafik 3.4: *Sıcaklık-çözünürlük grafiği*

Katıların Çözünürlüğüne Sıcaklığın Etkisi

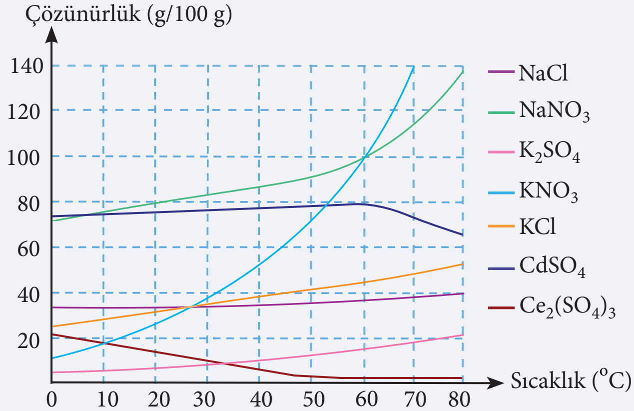
Katıların çözünürlüğü genellikle sıcaklık arttıkça artar (Grafik 3.4). Başka bir ifadeyle katıların çözünmesi endotermiktir [kadmiyum sülfat, seryum (III) sülfat gibi katılar hariç].

$$X(k) + Enerji \longrightarrow X(suda)$$

Maddelerin ortalama sıcaklığı arttığında moleküllerin kinetik enerjisi de artacağı için katıların çözünürlüğü genellikle artar. Örneğin soğuk ortamda bekletilen reçel, bal gibi yiyeceklerin kristallendiği görülür. Bunun nedeni ortam soğuduğunda şeker ve baldaki şekerin çözünürlüğünün sıcaklık etkisiyle azalması ve şeker moleküllerinin birbirine yaklaşmasıdır. Bu yiyecekler ısıtıldığında şeker moleküllerinin kinetik enerjisi artar. Şeker molekülleri birbirinden uzaklaşarak bal ve reçelin içinde dağılır, kristallenme azalır. Belirli bir basınçta sıcaklığı düşürülen katı maddelerin çözünürlüğü genellikle azalır. Çözünürlüğü azalan katı, sıcaklık düştüğü için çökmeye başlar ve geometrik şekilli katılar oluşturur. Bu olaya **kristallenme** denir. Kristallenen bir katının çözünürlüğünün artması ve tekrar çözünmesi için sıcaklığının artırılması gerekir.

3.6. YORUM SİZDE — Çözünürlüğe Sıcaklık Etkisi

Yönerge: Aşağıdaki grafikten yararlanarak soruları cevaplayınız.



***Grafik :** Bazı tuzların sıcaklık-çözünürlük grafiği*

1. **Çözünürlüğü sıcaklıkla artan tuzlar hangileridir?**

2. **Çözünürlüğü sıcaklıkla azalan tuzlar hangileridir?**

3. **Çözünürlüğü sıcaklık artışından en fazla etkilenen tuz hangisidir?**

4. **Tuzların aynı sıcaklıktaki çözünürlük değerlerinin farklı olmasının nedenlerini yazınız.**

DERİŞTİRME VE KRİSTALLENDİRME HESAPLAMALARI

Seyreltik bir çözeltiyi derişik hâle getirmek için çözeltinin çözücüsü buharlaştırılır veya çözeltiye çözünen ilave edilir. Çözeltiyi yüksek sıcaklığa kadar ısıtıp hızla soğutmak çözünenin kristallenmesini sağlar. Deriştirme ve kristallendirme hesaplamaları örnek çözümlerde verilmiştir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1.

Sıcaklık (°C)	Çözünürlük (g/100 g su)
20 °C	20
40 °C	40

Yukarıdaki tabloda bir tuzun çözünürlük-sıcaklık ilişkisi verilmiştir. 40 °C'ta 420 g doygun çözeltinin sıcaklığı 20 °C'a düşürüldüğünde tuzun bir kısmı çöküyor. **Çöken tuzu çözmek için 20 °C'taki çözeltiye kaç g su eklemek gerekir?**

Çözüm

40 °C'ta 100 + 40 = 140 g çözelti

140 g çözeltide 40 g tuz çözünüyorsa

420 g çözeltide X g tuz çözünür.

$$X = \frac{40 \cdot 420}{140} = 120\ g \text{ tuz çözünür.}$$

420 g çözeltinin 120 g'ı tuz olduğuna göre 420 - 120 = 300 g'ı sudur.

100 g suyun sıcaklığı 40 °C'tan 20 °C'a düşürüldüğünde 40 - 20 = 20 g tuz çöker.

100 g suda 20 g tuz çöküyorsa

300 g suda X g tuz çöker.

$$X = \frac{20 \cdot 300}{100} = 60\ g \text{ tuz çöker.}$$

20 °C'ta 60 g tuzu çözmek için çözeltiye 300 g su ilave edilmelidir.

2. Bir katının sudaki çözünürlüğü 30 °C'ta 50 g/100 g su, 60 °C'ta 80 g/100 g sudur. **60 °C'ta 300 g su ile hazırlanan doymuş çözeltinin sıcaklığı 30 °C'a düşürüldüğünde kaç g katı çöker?**

Çözüm

30 °C'ta 100 g suda 50 g katı çözünüyorsa

300 g suda X g katı çözünür.

$$X = \frac{50 \cdot 300}{100} = 150\ g \text{ katı çözünür.}$$

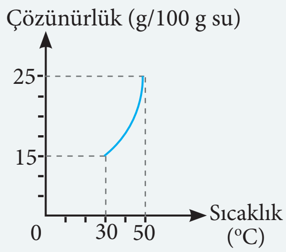
60 °C'ta 100 g suda 80 g tuz çözünüyorsa

300 g suda X g katı çözünür.

$$X = \frac{80 \cdot 300}{100} = 240\ g \text{ katı çözünür.}$$

240 - 150 = 90 g katı çöker.

3. X tuzuna ait sıcaklık-çözünürlük grafiği yanda verilmiştir. **Buna göre X tuzunun sıcaklığı 50 °C'tan 30 °C'a düşürüldüğünde 100 g suda kaç g X tuzu çöker?**



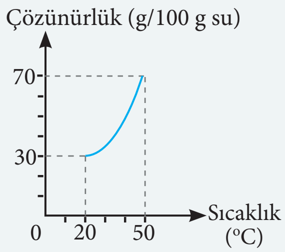
Çözüm

50 °C'ta 100 g suda en fazla 25 g tuz çözünür.

30 °C'ta 100 g suda en fazla 15 g tuz çözünür.

25 - 15 = 10 g tuz çöker.

4. 20 °C'ta 100 g su ile hazırlanan çözeltinin sıcaklığı 50 °C'a çıkarıldığında çözeltinin doygun olması için çözeltiye kaç g katı eklenmelidir?



Çözüm

20 °C'ta 100 g suda 30 g X katısı çözünür.

50 °C'ta 100 g suda 70 g X katısı çözünür .

70 - 30 = 40 g X katısı eklenmelidir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 90 g tuz içeren 150 g $NaNO_3$ tuzu çözeltisine aynı sıcaklıkta 30 g daha $NaNO_3$ tuzu eklendiğinde çözelti doygun hâle geliyor. **$NaNO_3$ tuzunun aynı sıcaklıktaki çözünürlüğü kaç g/100 g sudur?**

GAZLARIN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE SICAKLIK VE BASINCIN ETKİSİ

Okyanus ve denizlerin 200-300 metre derinliklerine güneş ışığı ulaşmaz. Bu da okyanus ve denizlerin %99'unun güneş ışığı almadığı anlamına gelir. Güneş ışığının olmadığı derinliklerde sıcaklık -1 ile 5 °C arasında değişir.

Okyanus ve denizlerin derinliklerinde sıcaklık düşük olmasına rağmen canlılar yaşamlarını nasıl devam ettirir?

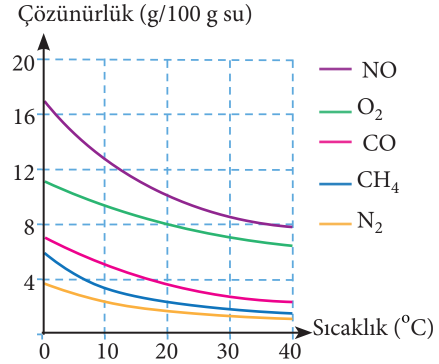
Nükleer santraller; nehir, göl ya da deniz kenarlarına inşa edilir çünkü nükleer santralleri soğutmak için suya ihtiyaç vardır. Soğutma amacıyla kullanılan su ısınmış olarak (35 °C) alındığı yere geri gönderilir. Çevre bilimciler bu olayın ısıl kirlenmeye neden olduğunu, suda yaşayan soğukkanlı canlıların bu sıcaklık artışından ve sıcaklık artışı sonucu oluşan oksijen miktarı azalmasından etkilendiğini iddia eder. Isıl kirlenme sonucunda oksijen gazının sudaki çözünürlüğü azalır. Oksijenin çözünürlüğü azalınca da sudaki oksijen miktarı azalır. Bu olay gazların çözünürlüğünde sıcaklığın etkisini gösterir.

Sıcaklık Etkisi

Gazların sudaki çözünürlüğü ekzotermiktir.

$$X(g) \xrightarrow{H_2O(s)} X(suda) + Enerji$$

Sıcaklık arttığında gazların sudaki çözünürlüğü azalır. Örneğin oksijenin 10 °C'taki çözünürlüğü 11,3 g/100 g su iken 30 °C'taki çözünürlüğü 7,6 g/100 g sudur (Grafik 3.5).



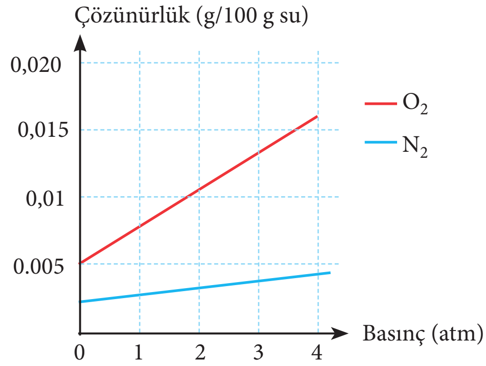
Grafik 3.5: *Gazların çözünürlük-sıcaklık ilişkisi*

Basınç Etkisi

Dekompresyon hastalığı, tüple dalan dalgıçların denizin derinliklerinde soludukları hava basıncının değişmesi ile gerçekleşir. Dalgıçlar, denizin derinliklerindeyken atmosfer basıncına ek olarak suyun uyguladığı basınca da maruz kalır. Derinlere inerken atmosfer basıncı her 10 metrede 1 atm artar. Yüksek basınçta, dalgıçların kanlarındaki çözünen gazın çözünürlüğü de artar. Derinlerdeki bir dalgıç hızla deniz yüzeyine çıkarsa ortam basıncı düşer ve çözünen gazlar dalgıcın kanında kabarcıklar oluşturur. Bu durum eklem ağrısı, felç hatta ölüme neden olabilir.

Basınç nedeniyle sağlık sorunu yaşayan bir dalgıca tedavi amaçlı uygulanacak işlem ne olabilir?

Sıvı ve katılar için basıncın çözünürlüğe etkisi yoktur. Gazların çözünürlüğü basınçla artar. Örneğin gazlı içecekler su, şeker ve karbon dioksit çözeltisinden oluşur. Gazlı içeceklerin kapağı açılınca kabın içindeki basınç azaldığından CO_2 gazının çözeltideki çözünürlüğü de azalır. CO_2 gazı daha az çözündüğü için gazlı içecek özelliğini kaybeder. Yandaki grafik gazların çözünürlüğünün basınçla arttığını göstermektedir (Grafik 3.6).



Grafik 3.6: *Gazların çözünürlük-basınç ilişkisi*

3.7. YORUM SİZDE Hiperbarik Oksijen Tedavisi

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

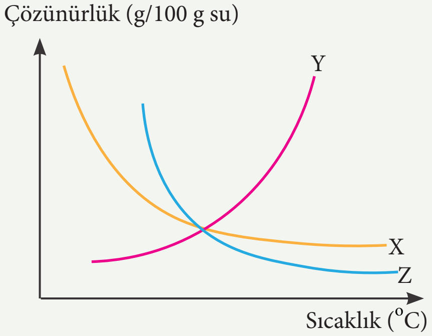
Hiperbarik oksijen tedavisi, ilk kez derin deniz dalgıçlarını ve karbon monoksit gazıyla zehirlenenleri tedavi etmek için kullanılmıştır. Bu tedavi yaraların hızlı bir şekilde iyileştirilmesi, vücudun bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi birçok alanda da kullanılmaktadır. Uzman doktorlar tarafından miktarı belirlenen saf oksijen gazı ile yapılan tedavi hiperbarik oksijen odalarında seanslar hâlinde uygulanır. Önce vücuda sonra dokulara yüksek basınçla saf oksijen gönderilir. İyileşme sürecinin başlayabilmesi için saf oksijenin yaralı olan her dokuya ulaşması ve oksijen bakımından bölgeyi zenginleştirmesi gerekir. Eğer saf oksijen belirlenen miktarın üzerinde olursa tedavi ölümle sonuçlanabilir.

1. **Hiperbarik oksijen tedavisinde gazların hangi özelliğinden yararlanılır?**

2. **Hiperbarik oksijen tedavisinde uygulanan oksijen gazının belirli miktarda kullanılmasının nedeni ne olabilir?**

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

Aşağıdaki grafikten yararlanarak soruları cevaplayınız.

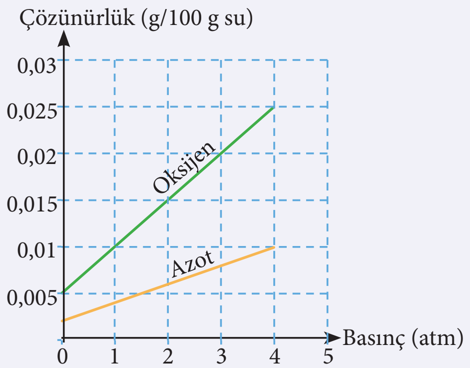


1. **Grafikteki X, Y ve Z maddelerinin çözünürlüğü ile sıcaklığı arasındaki ilişkiyi yorumlayınız.**

2. **Grafikte belirtilen maddelerden hangisi ya da hangileri gaz olabilir? Nedenini açıklayınız.**

3.8. YORUM SİZDE Gazların Çözünürlüğüne Basıncın Etkisi

Yönerge: Aşağıdaki grafikten yararlanarak soruları cevaplayınız.



Oksijen ile azot gazının çözünürlük-basınç grafiği

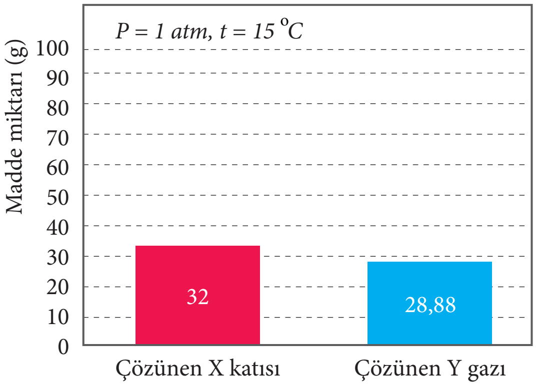
1. **Oksijen gazı çözünerek hazırlanan sulu çözeltinin basıncı 2 atm'den 4 atm'e getirildiğinde çözeltideki oksijen gazının derişimi nasıl değişir?**

2. **Oksijen ve azot gazının çözünürlüğünün basınçtan nasıl etkilendiğini açıklayınız.**

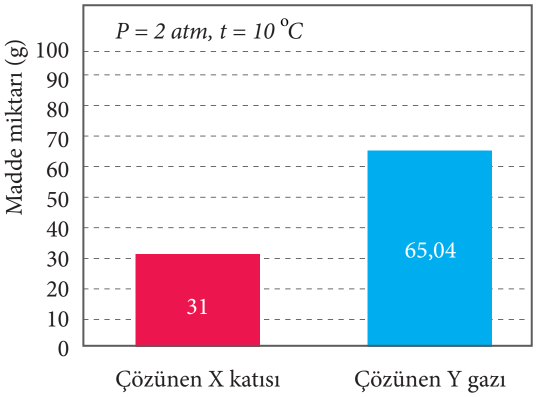
ELEKTRONİK TABLOLAMA PROGRAMINDA ÇÖZÜNÜRLÜĞÜN SICAKLIK VE BASINÇLA İLİŞKİSİNİN KURGULANMASI

Katı ve gaz hâldeki maddelerin çözünürlükleri, farklı sıcaklık ve basınçlarda değişiklik gösterir. Bu değişiklikleri inceleyebilmek için elektronik tablolama programı kullanılarak küçük bir program yapılabilir, X katısı ile Y gazının sıcaklık ve basınç altındaki davranışları incelenebilir.

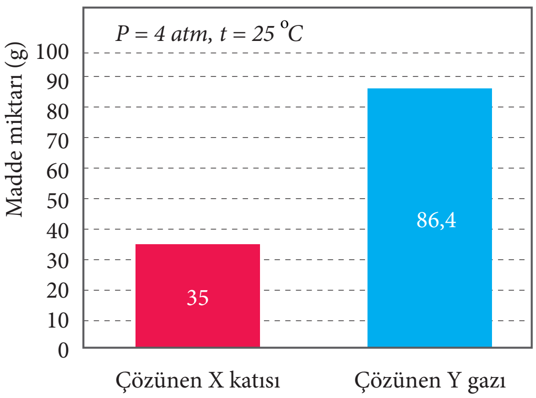
Elektronik tablolama programında farklı değerler girilerek oluşturulmuş X katısı ve Y gazına ait grafikler aşağıda verilmiştir (Grafik 3.7, 8, 9). X katısı ve Y gazının çözünürlüklerinin sıcaklık ve basınç altındaki değişimlerini grafiklerin yanlarına yorumlayınız. Siz de sıcaklık ve basınç değerlerini değiştirerek elde ettiğiniz grafikleri yorumlayınız.



Grafik 3.7: *X katısı ve Y gazının çözünürlükleri*



Grafik 3.8: *X katısı ve Y gazının çözünürlükleri*

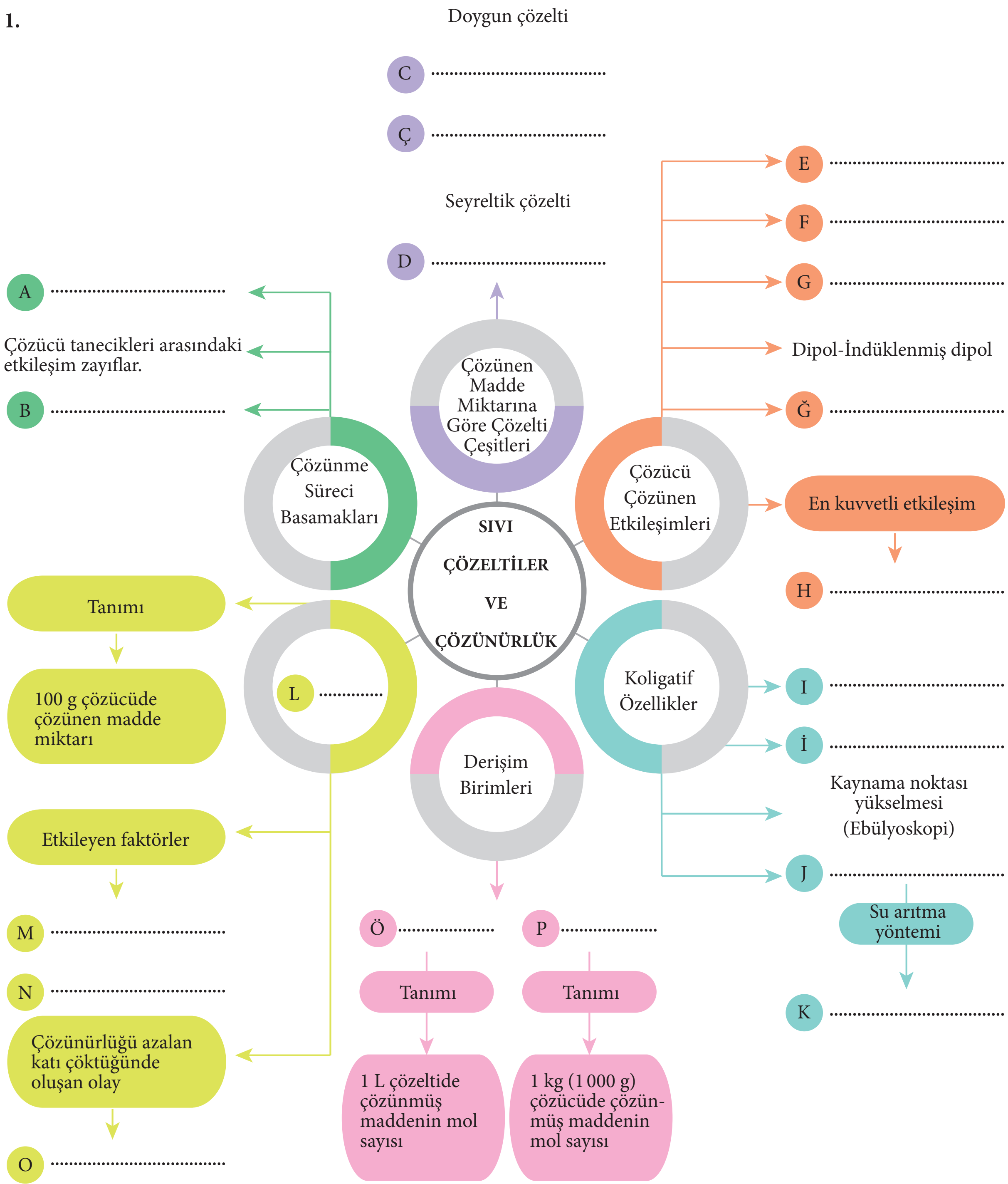


Grafik 3.9: *X katısı ve Y gazının çözünürlükleri*

ÜNİTE SONU SORULARI

Aşağıda sıvı çözeltiler ve çözünürlükle ilgili kavram haritası verilmiştir. Kavram haritasındaki boşlukları uygun sözcüklerle doldurunuz.

1.



Aşağıdaki açıklamaları ifadelerle eşleştirerek ayraç içine uygun harfi yazınız.

2.

Harf	Moleküller Arası Etkileşim Türü	Apolarlık/Polarlık Durumu
( )	I. Dipol-dipol etkileşim	a) Apolar-apolar
( )	II. London kuvvetleri	b) Polar-apolar
( )	III. İyon-dipol etkileşim	c) Polar-polar
( )	IV. Dipol-indüklenmiş dipol etkileşim	ç) İyon -polar
		d) İyon-apolar

Aşağıdaki yargıların karşısına yargı doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz yargının karşısına nedenini yazınız.

3.

	Yargılar	D/Y	Nedeni
I.	Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktar çözücünün çözebileceğinden daha fazla çözünen maddeyi içeren çözelti doymamış çözeltidir.		
II.	Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktar çözücünün çözebileceği maksimum maddeyi çözmüş olan çözelti aşırı doygun çözeltidir.		
III.	Başka bir çözeltiye göre, çözünen madde miktarı çok olan çözelti derişik çözeltidir.		
IV.	Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktar çözücünün çözebileceğinden daha az çözünen madde içeren çözelti doygun çözeltidir.		
V.	Başka bir çözeltiye göre çözünen madde miktarı az olan çözelti seyreltik çözeltidir.		

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri verilen uygun sözcüklerle doldurunuz.

4.

koligatif özellikler, ppm, molarite, kütlece yüzde, molalite, hacimce yüzde

Çözeltileri oluşturan bileşenlerin birleşme oranları, çözeltinin özelliklerini belirlemede önemli bir rol oynar. Bu nedenle çözeltideki çözünen miktarı önemlidir. Çözelti içindeki çözünen miktarını belirlemede farklı derişim birimleri kullanılır. 1 litre çözelti içinde çözünmüş maddenin mol sayısına (a)..................... denir. 1 kg (1 000 g) çözücüde çözünmüş maddenin mol sayısına da (b)..................... denir. Ayrıca derişim birimi olarak (c)..................... ve (ç)..................... derişim birimleri de kullanılabilir. Çözeltilerde eser miktarda çözünen bulunduğunu belirten ve milyonda bir kısım anlamına gelen (d)..................... kullanılır. Çözeltilerin buhar basıncı, donma noktası düşmesi, kaynama noktası yükselmesi, osmoz gibi derişime bağlı olan özelliklerine (e)..................... denir.

Aşağıdaki açık uçlu soruların cevaplarını boş bırakılan alanlara yazınız.

5. Propranolol, beta bloker adı verilen ilaç sınıfındandır. Kan akışını düzenlemek ve kan basıncını düşürmek için kan damarlarını gevşeten, kalp atış hızını yavaşlatan bir ilaçtır. Metin Bey'in kanında propranolol ($C_{16}H_{21}NO_2$) miktarının 1 litrede $2{,}59.10^{-8}$ g olduğu tespit edilmiştir. **Metin Bey'in kanındaki propranolol derişimini molarite cinsinden hesaplayınız.** ($C_{16}H_{21}NO_2$ = 259 g/mol)

6. %0,5'lik gümüş nitrat ($AgNO_3$) çözeltisi vücuttaki yaralar için antiseptik olarak kullanılabilir. **Bu antiseptik özellikli gümüş nitrat çözeltisinden 300 g hazırlamak için kaç g gümüş nitrat kullanılmalıdır?**

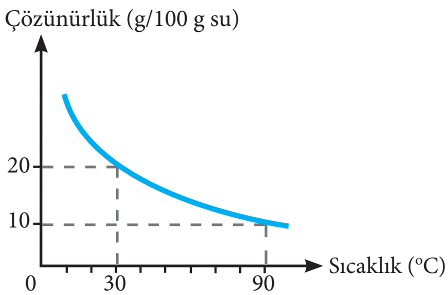
7. Kâfur yağı farklı çözücülerde çözdürülerek kullanılabilir. **400 mL etanol (C_2H_5OH) içinde 15,2 g kâfurun ($C_{10}H_{16}O$) çözdürülerek hazırlanan çözeltideki kâfur ve etanolün mol kesirlerini hesaplayınız.** ($C_{10}H_{16}O$: 152 g/mol, C_2H_5OH: 46 g/mol) (Etanolün yoğunluğu 0,78 g/mL)

8. İdrardaki üre [$(NH_2)_2CO$], protein sindirimi sonucu oluşan atık bir maddedir. Sağlıklı bir insanın idrar çözeltisi kütlece %15 üre içerir ve idrarın yoğunluğu da 1,02 g/mL'dir. **Çözeltideki ürenin molaritesini hesaplayınız.** [$(NH_2)_2CO$: 60 g/mol]

9. Bir araba aküsünden alınan sülfürik asit çözeltisinin yoğunluğu 1,2 g/mL ve çözeltinin molaritesi de 3 M'dır. **Buna göre çözeltinin hacimce yüzde derişimini bulunuz.** (H_2SO_4: 98 g/mol)

10. Denizciler yaptıkları uzun yolculuklarda su ihtiyaçlarının önemli bir kısmını denizden karşılamaktadır. **Denizciler denizden kullanım suyu elde etmek için koligatif özelliklerden hangi yöntemi kullanmaktadır?**

11. A tuzunun çözünürlük-sıcaklık grafiği aşağıda verilmiştir. **30 °C'taki 150 g'lık doygun X çözeltisinin sıcaklığı 90 °C'a kadar çıkarıldığında kaç g tuz çöker?**



12. Sodyum nitratın ($NaNO_3$) 20 °C'taki çözünürlüğü 90 g/100 g su, 70 °C'taki çözünürlüğü ise 140 g/100 g sudur. **70 °C'ta 720 g doygun çözeltinin sıcaklığı 20 °C'a düşürüldüğünde kaç g sodyum nitrat çöker?**

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

13. Aşağıda madde çiftleri verilmiştir:

I. $C_2H_5OH - H_2O$,
II. $HBr - NH_3$,
III. $I_2 - CH_4$

Madde çiftleri arasındaki etkileşim türleri aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?

	I	II	III
A)	Hidrojen bağı	London	Dipol-dipol
B)	İyon-dipol	Dipol-dipol	London
C)	Hidrojen bağı	Dipol-dipol	London
D)	London	Hidrojen bağı	Dipol-dipol
E)	Dipol-dipol	London	İyon-dipol

14. 20 °C'ta 17 g $NaNO_3$ tuzunun 90 g su içinde çözünmesiyle hazırlanan çözeltideki buhar basıncı hesaplayınız. (20 °C'ta P^o_{su}: 16 mmHg, H_2O: 18 g/mol, $NaNO_3$: 85 g/mol)(Virgülden sonra iki hane alınız.)

A) 12,42 B) 15,36 C) 20,82 D) 26,23 E) 32,66

15. Moleküler olarak çözünen X maddesinin suda çözünmesiyle hazırlanan 0,4 molal çözeltinin donma ve kaynama noktaları aşağıdakilerden hangileridir? (Su için K_d: 1,86 °C m^{-1}, K_k: 0,52 °C m^{-1})

	DN (°C)	K N (°C)
A)	-0,192	100,65
B)	-0,234	100,132
C)	-0,346	100,104
D)	-0,548	100,064
E)	-0,744	100,208

16. Aşağıdaki maddeler karıştırıldığında kabın dibinde katı olmayan bir çözelti oluştuğu görülüyor.

I. 0,2 M 1 L Na_2SO_4 sulu çözeltisi
II. 0,5 M 1 L Na_2SO_4 sulu çözeltisi
III. 0,3 mol Na_2SO_4 tuzu

Yeni çözeltinin son derişimi kaç molardır?

A) 0,2 M B) 0,3 M C) 0,5 M D) 1 M E) 1,5 M

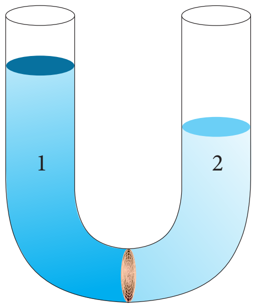
17. Belirli miktardaki suların içinde belirli miktarda tuzlar aşağıdaki gibi çözünüyor.

I. 200 g su + 20 g tuz
II. 100 g su + 30 g tuz
III. 200 g su + 10 g tuz
IV. 100 g su + 20 g tuz

Oluşan çözeltilerin derişimlerinin doğru sıralanışı aşağıdakilerden hangisidir?

A) I > II > III > IV
B) II > I > III > IV
C) II > IV > I > III
D) III > I > II > IV
E) IV > II > I > III

18.



X Çözeltisi

Yarı geçirgen zarla ayrılmış U şeklindeki kabın içinde iki farklı derişimde çözelti bulunmaktadır. Sabit koşullarda bekletilen bu kapta 2 saat sonra 1. bölmedeki çözeltinin yükseldiği görülmektedir.

Buna göre aşağıdaki yargılardan hangileri doğrudur?

I. 2. çözelti seyreltiktir.
II. 1. çözeltiden 2. çözeltiye su geçişi olmuştur.
III. Çözeltiler arasında gerçekleşen olaya osmoz adı verilir.

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

19-20. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

1939 yılında keşfedilen DDT (dikloro difenol trikloroethan), dünyada en yaygın kullanılan böcek ilacıdır. Bu ilaç oldukça zehirli ve kolayca yok olmayan bir ilaçtır. Yıllar önce tarım ilacı olarak kullanılan DDT, yağmur suları ve bilinçsiz kullanım nedeniyle göl ve nehirlere karışmış, büyük ölçüde çözünmeyerek göl ve nehirlerin tabanında toplanmıştır. DDT, hayvanların vücut dokusundaki yağlarda kolaylıkla çözünür ve gıda zincirinde birikir. Yağ dokusundaki miktarı belli bir seviyeyi aştığında ise ölümlere neden olabilir. Canlılar (insan, hayvan, bitki vb.) için zararlı olduğu belirlenen DTT, kullanımdan kaldırılmıştır.

19. Suda çözünmeyen DDT'nin yağda çözünmesinin nedeni ne olabilir?

20. DDT'nin zararları neler olabilir?

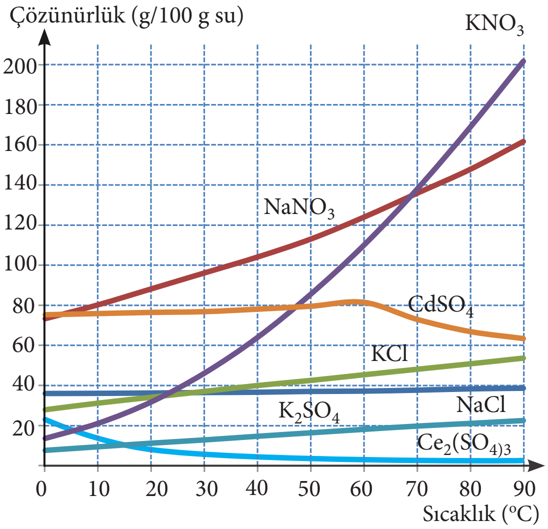
21-22. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Atrazin ($C_8H_{14}ClN_5$), çiftçilerin yabani otları yok etmek için kullandıkları bir üründür. Ot ilacı olarak farklı alanlarda (golf ve futbol sahaları, konut bahçeleri vb.) da kullanılır. Yer altı sularında en sık saptanan kimyasal olduğu için halk sağlığı açısından endişe kaynağıdır. Atrazin kalıntıları, jeolojik araştırmalarda 1 L su içinde 0,050 mg gibi küçük miktarlarda olsa bile saptanabilir.

21. Saptaması yapılan en az miktardaki atrazinin derişimini ppm cinsinden bulunuz.
(d_{su} = 1 kg/L) ($C_8H_{14}ClN_5$: 215,5 g/mol)

22. Saptaması yapılan en az miktardaki atrazinin derişimini molarite cinsinden bulunuz.
(d_{su} = 1 kg/L) ($C_8H_{14}ClN_5$: 215,5 g/mol)

23-28. soruları aşağıdaki grafikten yararlanarak cevaplayınız.



Grafik: *Bazı tuzların sıcaklık-çözünürlük grafiği*

23. Grafikte verilen tuzlardan endotermik olanları yazınız.

24. Grafikte verilen tuzlardan ekzotermik olanları yazınız.

25. Çözünürlüğü sıcaklık artışından en az etkilenen tuz hangisidir?

26. Sodyum klorür ile potasyum klorürün 35 °C'taki çözünürlüklerini karşılaştırınız. Ulaştığınız sonucu açıklayınız.

27. Sodyum nitrat ile seryum(III) sülfat tuzlarının 50 °C'taki çözünürlüklerini karşılaştırınız. Ulaştığınız sonucu açıklayınız.

28. Potasyum nitrat ile potasyum klorür tuzlarının 70 °C'taki çözünürlüklerini karşılaştırınız. Ulaştığınız sonucu açıklayınız.

29-30. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Ağaçların en yüksekteki dallarına ve yapraklarına su ve mineraller osmoz yoluyla taşınır. Ters osmoz ise suyun çözünmüş olan tuzlardan ve sudaki bakteri gibi mikroorganizmalardan arındırılmasında kullanılır.

29. Günlük yaşamda osmozun gerçekleştiği diğer olaylar hangileri olabilir?

30. Ters osmoz endüstrinin hangi alanlarında kullanılabilir?

31-32. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Mutfak ve lavabo giderlerinde bazı maddelerin birikmesi boruların tıkanmasına neden olur. Boruların tıkanması sorun olduğu gibi tıkanıklığı açmak ya da boruları değiştirmek de maddi ve manevi huzursuzlukları beraberinde getirir. 2 000 yıl önce Romalılar tarafından inşa edilen, alpin bölgelerden Güney Fransa'daki daha sıcak ve kuru bölgelere soğuk su taşımak için kullanılan su kemerleri de benzer birikintilerle tıkanmış, suyun kesintiye uğramasına ve bu bölgelerin susuz kalmasına neden olmuştur.

31. Roma'daki su kemerleri ve su giderlerinin tıkanıklığı nasıl temizlenmiş olabilir?

32. Borulardaki tıkanıklığı gidermek için günümüzde hangi yöntemler kullanılır?

33-34. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Endüstride kullanılan sistem kazanlarında besleme suyu bulunur. Besleme suyundaki çözünmüş gazlar (O_2 ve CO_2 gibi) degazör adı verilen cihazlar ile sudan uzaklaştırılır. Çözünmüş O_2 gazı metal içerikli kazanların korozyona (pas) uğramasına, karbon dioksit gazı ise suda çözünerek düşük pH değerine sahip aşındırıcı karbonik asidin oluşmasına neden olur. Metal kazanların karbonik asit ile tepkimesinde sistem zarar görür. Bu nedenle besleme suyundaki çözünmüş gazların mekanik olarak uzaklaştırılması buhar sisteminin ömrünü artırır. Bu mekanik işlem sayesinde çözeltinin üzerindeki gazın kısmi basıncı azaldığı için çözeltideki gaz çözünürlüğü de azalır.

33. Degazör isimli cihazda gazların hangi özelliğinden faydalanılmıştır?

34. Gazların sistemden uzaklaştırılmasının nedenleri nelerdir?

35-36. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Okyanuslar, hava ile su arasındaki yoğunluk farkı nedeniyle havaya salınan CO_2 gazının dörtte birini çeker. Havadaki karbon dioksit miktarı arttığında okyanuslar dengeyi sağlamak için daha fazla gaz çekmeye başlar. Su ne kadar soğuk olursa süreç o kadar etkili işler. Okyanus suyu 25 °C'ta ve 1 L'de yaklaşık 220 ppm CO_2 gazı içerir.

35. Okyanus suyundaki CO_2 gazının molar derişimini bulunuz. (CO_2 = 44 g/mol)

36. Okyanus suyundaki CO_2 gazının molalitesini bulunuz. (d_{su} = 1 kg /L) (CO_2 = 44 g/mol)

Bu ünite ile ilgili daha fazla soruya ulaşmak için karekodu okutunuz.

4. Ü N İ T E

KİMYASAL TEPKİMELERDE ENERJİ



Ünite karekodu

Ünite sunum karekodu

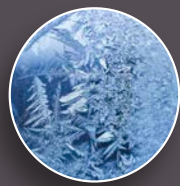


BÖLÜMLER

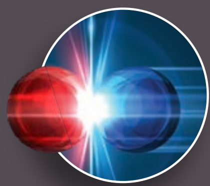
1. TEPKİMELERDE ISI DEĞİŞİMİ



2. OLUŞUM ENTALPİSİ



3. BAĞ ENERJİLERİ



4. TEPKİME ISILARININ TOPLANABİLİRLİĞİ



ANAHTAR KAVRAMLAR

- Bağ Enerjisi
- Ekzotermik Tepkime
- Endotermik Tepkime
- Entalpi
- Hess Yasası
- Standart Oluşum Entalpisi
- Tepkime Entalpisi



1. BÖLÜM

4.1. TEPKİMELERDE ISI DEĞİŞİMİ

Neleri Bilmelisiniz?

- Kimyasal tepkimeyi,
- Kimyasal tepkime denklemini,
- Enerji ve sıcaklık kavramlarını bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- Tepkimelerde meydana gelen enerji değişimleri açıklanırken
  - a) Tepkimelerin ekzotermik veya endotermik olmasını ısı alışverişiyle ilişkilendirebilmeyi,
  - b) Ekzotermik ve endotermik tepkimelerin açıklanmasında bilişim teknolojilerinden (animasyon, simülasyon, video vb.) yararlanabilmeyi öğreneceksiniz.

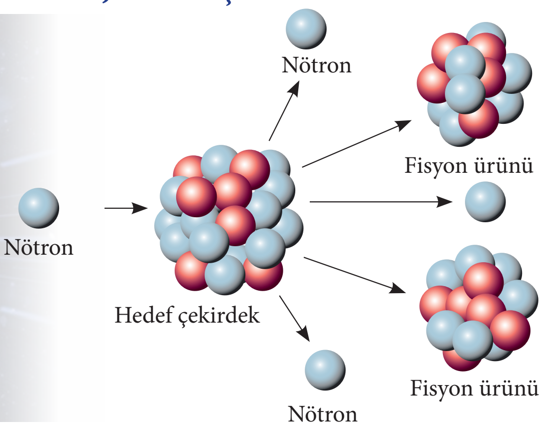
BÖLÜME HAZIRLIK

- **Küresel ısınma ile deniz seviyesinin yükselmesi arasında nasıl bir ilişki olabilir?**

4.1.1. TEPKİMELERDE MEYDANA GELEN ENERJİ DEĞİŞİMLERİ



Görsel 4.1: *Fisyon*



Görsel 4.2: *Fisyon ürünlerinin oluşumu*

Günümüzde enerji; fosil yakıtlar, yenilenebilir enerji ve yeni kaynaklar adı verilen kaynaklardan elde edilmektedir. Kömür, petrol ve doğal gaz fosil kaynakları; su, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle yenilenebilir kaynakları oluşturur. Nükleer enerji, hidrojen enerjisi ve yakıt hücreleri gibi kaynaklarsa yeni kaynaklar olarak adlandırılır.

Nükleer enerji, küçük kütleli atom çekirdeklerinin birleşmesi olan füzyon ve ağır çekirdeklerin bölünmesi olan fisyon (Görsel 4.1) olaylarının gerçekleşmesiyle oluşan kimyasal bir tepkimedir. Bir çekirdek tepkimesi olan fisyon sonucunda atomların hareket enerjilerinin çoğu ısı enerjisine dönüşür ve büyük bir enerji açığa çıkar (Görsel 4.2). Hidrojen enerjisi, yakıt hücreleri, yenilenebilir kaynaklar kullanıldığında ve fosil yakıtlar yandığında da büyük oranda enerji açığa çıkar.

❓ **Kimyasal tepkimeler sonrasında açığa çıkan enerji nerelerde kullanılabilir?**

Yanma, donma, yoğuşma, fisyon vb. ısıveren; elektroliz, erime, buharlaşma, süblimleşme vb. de ısıalan tepkime ve olaylardır.

Isı, ortamlar arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan bir enerji çeşididir. **Enerji** ise iş yapabilme kapasitesidir ve yoktan var, vardan yok edilemez; sadece şekil değiştirir. Evrendeki bütün olaylar enerji değişiminden kaynaklanır. Fiziksel ve kimyasal olaylar ısı alarak veya ısı vererek gerçekleşir.

Tepkimeler ısı alışverişine göre **ekzotermik** (Görsel 4.3.a) ya da **endotermik** (Görsel 4.3.b) olarak sınıflandırılır.



***Görsel 4.3:* *a)* Tepkime oluşurken ısı verir. Ortam sıcaklığı artar. *b)* Tepkime oluşurken ısı alır. Ortam sıcaklığı azalır.**

EKZOTERMİK TEPKİME

Ekzotermik tepkimeler dışarıya ısı (enerji) vererek gerçekleşen tepkimelerdir. Tepkime denkleminde ısı değeri ürünler bölümüne yazılır.

$A + B \longrightarrow C + D + ısı$

(Girenler ⟶ Ürünler + ısı)

$Ca(k) + \frac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow CaO(k) + ısı$

$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + 802{,}4\ kJ$

BİLİYOR MUSUNUZ?

Sıcaklık: Ortamdaki parçacıkların hareketlerinin bir ölçüsüdür. Enerji değildir, bir hâl değişkenidir. Madde ile ortam arasındaki ısı akışının yönünü belirler.

İç enerji: Maddenin potansiyel enerjileri ile kinetik enerjilerinin toplamıdır.

Sistem: Üzerinde araştırmalar yapılmak üzere sınırlandırılmış evren parçasıdır.

Isı Vererek Gerçekleşen Bazı Fiziksel ve Kimyasal Olaylar

Donma olayında (kar oluşumunda olduğu gibi) maddenin düzensiz yapıdan düzenli tanecik yapısına geçmesi (Görsel 4.4)

$X(s) \longrightarrow X(k) + ısı$

$H_2O(s) \longrightarrow H_2O(k) + ısı$



Görsel 4.4: *Kar taneleri*

Yoğuşma olayında (yağmur oluşumunda olduğu gibi) maddenin düzensiz yapıdan düzenli tanecik yapısına geçmesi (Görsel 4.5)

$X(g) \longrightarrow X(s) + ısı$

$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(s) + ısı$

$C_2H_5OH(g) \longrightarrow C_2H_5OH(s) + ısı$



Görsel 4.5: *Yağmur*

Kırağılaşma olayında maddenin düzensiz tanecik yapısından katı hâldeki daha düzenli yapıya geçmesi (Görsel 4.6)

$X(g) \longrightarrow X(k) + ısı$

$I_2(g) \longrightarrow I_2(k) + ısı$

$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(k) + ısı$



Görsel 4.6: *Gül yapraklarındaki kırağı*



Görsel 4.7: Odunun yanması

Azotun (N_2) yanması hariç tüm yanma olayları (Görsel 4.7)

$$S(k) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g) + ısı$$

$$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g) + ısı$$

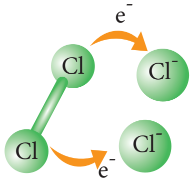


Görsel 4.8: Gazozdaki CO_2

Gazların ve bazı katıların çözücüde çözünmesi (Görsel 4.8)

$$CO_2(g) \xrightarrow{H_2O(s)} CO_2(suda) + ısı$$

$$KOH(k) \xrightarrow{H_2O(s)} K^+(suda) + OH^-(suda) + ısı$$



Görsel 4.9: $Cl_2(g)$ dan $Cl^-(g)$ oluşumu

Bazı atomların elektron alması (anyon oluşumu gibi) (Görsel 4.9).

$$X(g) + e^- \longrightarrow X^-(g) + ısı \text{ (elektron ilgisi)}$$

$$Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(g) + ısı$$

BİLİYOR MUSUNUZ?

Elektron ilgisi genellikle negatiftir ancak elektron ilgisi pozitif olan elementler de vardır.

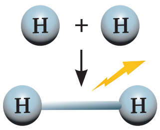


Görsel 4.10: Paslanmış çiviler

Sentez (birleşme) tepkimeleri (pas oluşumunda olduğu gibi) (Görsel 4.10)

$$Cu(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CuO(k) + ısı$$

$$4Fe(k) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(k) + ısı$$



Görsel 4.11: Bağ oluşumu

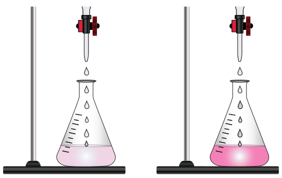
Kimyasal türler arasında bağ oluşumu

$$2H\bullet(g) \longrightarrow H_2(g) + ısı \text{ (Görsel 4.11)}$$

$$\bullet Cl(g) + \bullet Cl(g) \longrightarrow Cl_2(g) + ısı$$

BİLİYOR MUSUNUZ?

Ortaklaşmamış elektronu bulunan ve kolaylıkla tepkimeye giren atom, molekül veya iyonlara radikal denir. •Cl, •H, •O radikale örnek verilebilir.



Görsel 4.12: Nötralleşme tepkimeleri

Nötralleşme (asit-baz) veya metal-asit tepkimeleri (Görsel 4.12)

$$HCl(suda) + KOH(suda) \longrightarrow KCl(k) + H_2O(s) + ısı$$

$$H^+(suda) + H_2O(s) \longrightarrow H_3O^+(suda) + ısı$$

$$Ag(k) + 2HNO_3(suda) \longrightarrow AgNO_3(suda) + NO_2(g) + H_2O(s) + ısı$$

ENDOTERMİK TEPKİME

Endotermik tepkimeler, dışarıdan ısı (enerji) alarak gerçekleşen tepkimelerdir. Tepkime denkleminde ısı değeri girenler bölümüne veya girenler ve ürünler arasındaki okun üzerine yazılır. Okun üzerine yazılan delta (Δ) işareti de tepkimenin ısı alarak gerçekleştiğini belirtir.

$$A + B + ısı \longrightarrow C + D$$

$$(Girenler + ısı \longrightarrow Ürünler)$$

$$NaCl(k) + ısı \longrightarrow Na(k) + \frac{1}{2}Cl_2(g)$$

$$2SO_3(g) + 198\text{ kJ} \longrightarrow 2SO_2(g) + O_2(g)$$

$$H_2O(s) \xrightarrow{285,80\text{ kJ}} H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$$

$$KClO_3(k) \xrightarrow{\Delta} KCl(k) + \frac{3}{2}O_2(g)$$

Isı Alarak Gerçekleşen Bazı Fiziksel ve Kimyasal Olaylar

Erime olayında (buzun erimesinde olduğu gibi) maddenin düzenli tanecik yapısından daha düzensiz yapıya geçmesi (Görsel 4.13).

$X(k) + ısı \longrightarrow X(s)$

$H_2O(k) + ısı \longrightarrow H_2O(s)$



***Görsel 4.13:** Buzun erimesi*

Buharlaşma olayında maddenin düzenli yapıdan düzensiz yapıya geçmesi (Görsel 4.14)

$X(s) + ısı \longrightarrow X(g)$

$H_2O(s) + ısı \longrightarrow H_2O(g)$

$C_2H_5OH(s) + ısı \longrightarrow C_2H_5OH(g)$



***Görsel 4.14:** Çaydanlıktaki suyun buharlaşması*

Süblimleşme olayında (karbon dioksidin süblimleşmesinde olduğu gibi) maddenin düzenli yapıdan düzensiz yapıya geçmesi (Görsel 4.15)

$X(k) + ısı \longrightarrow X(g)$

$I_2(k) + ısı \longrightarrow I_2(g)$

$CO_2(k) + ısı \longrightarrow CO_2(g)$



***Görsel 4.15:** Karbon dioksidin süblimleşmesi*

Katıların çoğunun çözücüde çözünmesi (Görsel 4.16)

$C_6H_{12}O_6(k) + ısı \xrightarrow{H_2O(s)} C_6H_{12}O_6(suda)$

$KNO_3(k) + ısı \xrightarrow{H_2O(s)} K^+(suda) + NO_3^-(suda)$

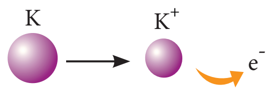


***Görsel 4.16:** Şekerin çayda çözünmesi*

Atomun elektron vermesi (katyon oluşumu gibi) (Görsel 4.17)

$X(g) + ısı \longrightarrow X^+(g) + e^-$ (iyonlaşma enerjisi)

$K(g) + ısı \longrightarrow K^+(g) + e^-$

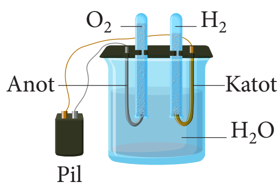


***Görsel 4.17:** K(g)'dan K^+(g) oluşumu*

Analiz (ayrışma) tepkimelerinin çoğu (Görsel 4.18)

$CaCO_3(k) + ısı \longrightarrow CaO(k) + CO_2(g)$

$2H_2O(s) + ısı \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$



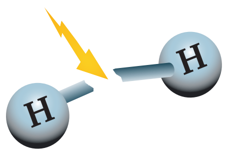
***Görsel 4.18:** Elektroliz*

Kimyasal türlerin birbirinden ayrılması, bağların kırılması (Görsel 4.19)

$H_2(g) + ısı \longrightarrow 2H\bullet(g)$

$Cl_2(g) + ısı \longrightarrow \bullet Cl(g) + \bullet Cl(g)$

$O_2(g) + ısı \longrightarrow \bullet O(g) + \bullet O(g)$



***Görsel 4.19:** Bağ kırılması*

Bir tepkimede alınan ya da verilen ısı miktarına **entalpi** (ısı kapsamı) adı verilir. Entalpi bir hâl fonksiyonu olduğundan doğrudan ölçülemez, ancak entalpideki değişim ölçülebilir.

Tepkime entalpisi, sabit basınç altında ürünlerin entalpileri ile girenlerin entalpileri arasındaki farka eşittir ve "ΔH" ile gösterilir. Bir tepkimenin entalpisi "kJ" veya "kJ/mol" cinsinden hesaplanır.

ΔH = Ürünlerin entalpilerinin toplamı – Girenlerin entalpilerinin toplamı

$\Delta H = \Sigma H_{ürünler} - \Sigma H_{girenler}$

- Kimyasal tepkimelerde ürünlerin entalpilerinin toplamı girenlerin entalpilerinin toplamından farklıdır.
- Tepkimenin ısı alarak veya ısı vererek gerçekleşmesi, tepkimeye giren ve tepkime sonunda oluşan maddelerin entalpi değerlerinden kaynaklanır.
- Tepkimenin entalpisi, sabit basınçta tepkime dışarıdan ısı aldığında artar, dışarıya ısı verdiğinde azalır.
- Tepkimenin tek basamakta ya da art arda izlenen birkaç basamakta gerçekleşmesi sonucu değiştirmediği için izlenen yol tepkime entalpisini değiştirmez.

BİR TEPKİMENİN ENTALPİ DEĞİŞİMİ (ΔH)

NELERE BAĞLIDIR?

- Tepkimedeki maddelerin fiziksel hâline
- Tepkime ortamının sıcaklığına
- Tepkime ortamının basıncına
- Tepkimedeki madde miktarına
- Tepkimedeki maddelerin cinsine

NELERE BAĞLI DEĞİLDİR?

- İzlenen yola
- Katalizöre

Katalizör, tepkimeyi hızlandıran maddedir. Tepkimelerde katalizör kullanılması ΔH değerini değiştirmez ancak tepkimenin süresini değiştirir.

Ekzotermik Tepkimede Entalpi Değişimi

Ekzotermik tepkimelerde oluşan ürünlerin entalpileri toplamı tepkimeye giren maddelerin entalpileri toplamından daha küçüktür. Ekzotermik tepkimeler genellikle kendiliğinden gerçekleşir ve tepkime sonucunda ısı açığa çıkar.

Ekzotermik tepkimelerde entalpi değişimi

$A + B \longrightarrow C + D + Isı$ tepkimesi için

$H_{ürünler} < H_{girenler}$

$\Delta H = H_{ürünler} - H_{girenler}$ $\Delta H < 0$ olur. ΔH değeri "–" işaretlidir.

Endotermik Tepkimelerde Entalpi Değişimi

Endotermik tepkimelerde oluşan ürünlerin entalpilerinin toplamı, tepkimeye giren maddelerin entalpilerinin toplamından daha büyüktür. Tepkimenin sürekliliği için ısı gereklidir. Isı olmadığında tepkime durur. Bu nedenle endotermik tepkimeler genellikle kendiliğinden gerçekleşmez.

Endotermik tepkimelerde entalpi değişimi

$A + B + ısı \longrightarrow C + D$ tepkimesi için

$H_{ürünler} > H_{girenler}$

$\Delta H = H_{ürünler} - H_{girenler}$ $\Delta H > 0$ olur. ΔH değeri "+" işaretlidir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$ tepkimesinde entalpi değişimi (ΔH) -50 kJ'dür.

Ürünün entalpisi -91,88 kJ olduğuna göre girenlerin entalpileri kaçtır?

Çözüm

$\Delta H = \Sigma H_{(ürünler)} - \Sigma H_{(girenler)}$ $-50\ kJ = -91,88 - \Sigma H_{(girenler)}$ $\Sigma H_{(girenler)} = -41,88\ kJ$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tepkimelerin hangilerinde $\Delta H < 0$ olur?

I. $KBr(k) \longrightarrow K(k) + \frac{1}{2} Br_2(s)$

II. $Y^+(g) + e^- \longrightarrow Y(g)$

III. $\frac{1}{2} N_2(g) + O_2(g) + 33{,}09\ kJ \longrightarrow NO_2(g)$

2. $X(k) + O_2(g) \longrightarrow XO_2(k)$ tepkimesinde entalpi değişimi (ΔH) -300 kJ'dür. **Girenlerin entalpilerinin toplamı 172 kJ olduğuna göre ürünün entalpisi kaç kJ'dür?**

4.1. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Tepkime Entalpisi

DENEYİN AMACI **Süre:** 40 dakika

Tepkime entalpilerini belirleyebilme.

Yönerge: Deney basamaklarını takip ederek deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

Araç Gereç: Saf su, 7 g sodyum hidroksit (NaOH), 7 g potasyum hidroksit (KOH), spatül, termometre (4 adet), beher (4 adet), cam baget.

DENEYİN BASAMAKLARI

1. Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız.

2. 500 mL'lik dört adet beher alınız. Beherlerin dördüne de 250 mL su koyunuz ve içlerine termometre yerleştiriniz. Suyun sıcaklığını termometre ile ölçünüz ve sıcaklık değerini tabloya not ediniz.

3. Birinci behere spatülle 2 g NaOH, ikinci behere 2 g KOH, üçüncü behere 5 g NaOH, dördüncü behere 5 g KOH katısı ekleyiniz. NaOH ve KOH katılarını suya yavaş yavaş ekleyiniz. Beherdeki çözeltileri cam bagetle karıştırınız.

4. Oluşan çözeltilerin sıcaklıklarını ölçünüz ve sıcaklık değerlerini tabloya not ediniz.

	Ölçülen Sıcaklık Değerleri (°C)	
Saf su		
1. beherdeki çözelti		
2. beherdeki çözelti		
3. beherdeki çözelti		
4. beherdeki çözelti		

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Çözeltiler oluşurken gerçekleşen tepkimelerin ekzotermik mi, endotermik mi olduğunu belirtiniz. Tepkime entalpisindeki değişimi açıklayınız.

KAYNAK

Öğretmeninizin gözetiminde endotermik ve ekzotermik tepkimelerin açıklanmasında bilişim teknolojilerinden (animasyon, simülasyon, video vb.) yararlanarak "edu" ve "gov" uzantılı siteleri ziyaret ediniz.

2. BÖLÜM

4.2. OLUŞUM ENTALPİSİ

Neleri Bilmelisiniz?
- Kinetik ve potansiyel enerji kavramlarını,
- Kimyasal tepkime denklemi yazmayı,
- Tepkime entalpisini bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?
- Standart oluşum entalpileri üzerinden tepkime entalpilerini hesaplarken
  - a) Standart oluşum entalpilerini tanımlamayı,
  - b) Tepkime entalpisini potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği üzerinden açıklayabilmeyi,
  - c) Tepkime entalpilerine ilişkin elektronik tablolama programını kullanarak grafik oluşturabilmeyi, değerleri değiştirilerek gerçekleşen değişimleri gözlemlemeyi ve yorumlamayı öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- **İlkbahar ya da yaz aylarında sabahın erken saatlerinde dışarıya çıktığınızda araçların, çimenlerin ve etraftaki nesnelerin üstünde çiy adı verilen su damlacıklarına rastlarsınız. Bu damlacıklar, havada buğu durumunda bulunan küçük su damlalarının akşamın ve gecenin serinliğiyle nesneler veya bitkiler üzerinde toplanmasıdır. Çiy oluşumunda potansiyel ve kinetik enerji değişimi nasıl açıklanabilir?**

4.2.1. STANDART OLUŞUM ENTALPİSİ



Görsel 4.20: *Biyodizel dolumu yapılan otomobil*

Petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıtlar insan sağlığı ve çevre açısından olumsuz etkilere sahiptir. Bu nedenle doğaya dost enerji kaynakları arayışı başlamıştır. Bu kaynaklardan biri de biyodizeldir. Biyodizel, bitkisel ve hayvansal veya kullanılmış yağlardan üretilir. Biyolojik olarak parçalanabilen, havayı daha az kirleten, güvenli bir yakıttır.

Biyodizel ile benzin standart koşullarda karşılaştırıldığında biyodizelin yanma sırasında verdiği enerjinin benzininkinden daha az olduğu görülür. Örneğin 45 L'lik depoya sahip dizel bir otomobilin yakıt deposu biyodizelle doldurulduğunda (Görsel 4.20) 1 505 kJ/mol, benzinli (ana bileşeni oktan olan) bir aracın yakıt deposu aynı litrede benzinle doldurulduğunda 1 530 000 kJ/mol ısı açığa çıkar. Biyodizel benzine göre daha az güç üretse de çevre dostu bir yakıttır.

❓ Biyodizel ve benzinli araçlardaki ısı değişimi hangi koşullarda hesaplanmış olabilir?

Maddelerin enerji kaynağı olarak kullanılıp kullanılamayacağına karar verilirken kimyasal tepkimelerdeki ölçüm ve hesaplamalar kullanılır. Yakıtların yanma sırasında verdikleri enerji birbirinden farklı olduğu için hesaplanan enerji değerleri de farklı olur. Kimyasal tepkimelerde enerji değişimi hesaplanırken tepkimede alınan ve verilen ısı miktarı kullanılır. Bu ısı değişimine de **entalpi (ΔH)** adı verilir. Entalpi hesaplamalarında tepkimeye giren maddelerin ve oluşan ürünlerin entalpi değerleri aşağıda verildiği gibi üç değişik standartla belirlenebilir.

1. **Standart Hâl**

   Katı, sıvı ve gaz için standart hâl: 1 atmosfer basınç ve 25 °C'ta saf maddenin en kararlı formudur.

   Çözeltideki çözünen madde için standart hâl: Çözeltideki çözünen maddenin 1 molarlık (M) derişimidir.

2. **Standart Tepkime Entalpisi (ΔH^o)**

   Standart entalpi değişimi, girenlerin ve ürünlerin standart hâllerinde hesaplanan değerdir. Derece işareti standart hâlleri gösterir.

3. **Standart Oluşum Entalpisi (ΔH_f^o)**

   1 atmosfer basınç ve 25 °C'ta 1 mol bileşiğin kendi elementlerinden oluşması sırasında alınan veya verilen ısı değişimini ifade eder. Standart oluşum entalpisi "ΔH_f^o" ile gösterilir.

   Standart hâldeki (25 °C ve 1 atm basınç) elementin saf ve kararlı hâlinin standart oluşum entalpisi 0 kabul edilir ($\Delta H_f^o = 0$).

Entalpideki tüm değişimler standart hâldeki saf elementlere göre ölçülür. Örneğin 1 atmosfer basınç ve 25 °C'ta metan gazının standart oluşum entalpisi -74,85 kJ/mol'dür.

$C(k) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)$ $\Delta H_f^o = -74{,}85$ kJ/mol

Yukarıdaki tepkime denklemi incelendiğinde karbon [C(k)] ve hidrojenin [$H_2(g)$] 1 atmosfer basınç ve 25 °C'ta saf hâldeki en kararlı formunda elementler olduğu görülür. Bu elementlerin standart oluşum entalpileri sıfır olduğu için tepkimede elde edilen değer, metanın [$CH_4(g)$] oluşum entalpisidir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Elementlerin saf ve kararlı hâllerindeki standart oluşum entalpileri 0 kabul edilir. Örneğin Br ve C elementlerinin doğal ve kararlı hâlleri $Br_2(s)$ ve C(grafit) olduğu için bu elementlerin standart oluşum entalpileri 0'dır ancak bu elementler Br(g) ve $C_{(elmas)}$ hâlinde olduğunda 0'a eşit olmaz ($\Delta H_f^o \neq 0$).

Kimyasal tepkime eşitlikleri 1 mol bileşiğin standart oluşum entalpileri kullanılarak yazılır. Oluşum entalpisinin (ΔH_f^o) birimi Kcal/mol veya kJ/mol'dür. Bazı bileşiklerin oluşum entalpileri Tablo 4.1'de verilmiştir:

Tablo 4.1: *Bazı Bileşiklerin Standart Oluşum Entalpileri [ΔH_f^o (kJ/mol)]*

Bileşiğin Formülü	ΔH_f^o (kJ/mol)	Bileşiğin Formülü	ΔH_f^o (kJ/mol)
AgCl(k)	-127,06	HCN(g)	+135,10
$Al_2O_3(k)$	-1 669,80	HF(g)	-271,10
$BaCO_3(k)$	-1 218,00	HI(g)	+26,48
BaO(k)	-588,10	H_2O (s)	-285,83
CaO(k)	-635,08	$H_2O(g)$	-241,80
$Ca(OH)_2(k)$	-986,59	$H_2S(g)$	-20,63
$CaCO_3(k)$	-1 206,92	$HNO_3(g)$	-135,06
$CH_4(g)$	-74,85	MgO(k)	-600,70
CO(g)	-110,52	$NH_3(g)$	-45,94
$CO_2(g)$	-393,52	$NH_4NO_3(k)$	-365,10
$C_2H_2(g)$	+226,73	NaCl(k)	-411,00
$C_2H_4(g)$	+52,46	NO(g)	+90,29
$C_2H_6(g)$	-84,68	$NO_2(g)$	+33,09
$C_3H_8(g)$	-103,80	$N_2O(g)$	+81,56
$CH_3OH(g)$	-202,17	$N_2O_4(g)$	+9,66
$Fe_2O_3(k)$	-824,20	$SO_2(g)$	-296,84
HBr(g)	-36,40	$SO_3(g)$	-395,70
HCl(g)	-92,31	ZnO(k)	-348,28

Tablo 4.1'deki bileşiklerin standart oluşum entalpileri kullanılarak tepkimenin standart entalpisi hesaplanır. Tepkime entalpisi hesaplanırken ürünlerin standart oluşum entalpileri toplamından girenlerin standart oluşum entalpileri toplamı çıkarılır.

Örneğin $aA + bB \longrightarrow cC + dD$ tepkimesinin entalpisi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\Delta H^0_{tepkime} = \sum n \Delta H^0_{f(ürünler)} - \sum n \Delta H^0_{f(girenler)}$$

$$\Delta H^0_{tepkime} = \left[c \Delta H^0_f(C) + d \Delta H^0_f(D)\right] - \left[a \Delta H^0_f(A) + b \Delta H^0_f(B)\right]$$

1. Ürünlerin standart oluşum entalpileri toplanır.
2. Girenlerin standart oluşum entalpileri toplanır.
3. Ürünlerin standart oluşum entalpilerinin toplamından girenlerin standart oluşum entalpileri toplamı çıkarılarak tepkime entalpisi hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $C_2H_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$

a) Yukarıdaki tepkimenin standart koşullardaki entalpi değişimini hesaplayınız.
($\Delta H^o_{f\,(CO_2)}$ = -393,52 kJ/mol, $\Delta H^o_{f\,(H_2O)}$ = -241,80 kJ/mol, $\Delta H^o_{f\,(C_2H_4)}$ = 52,46 kJ/mol)

b) Tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu nedeniyle açıklayınız.

Çözüm

a)
$$\Delta H^0_{tepkime} = \sum n \Delta H^0_{f(ürünler)} - \sum n \Delta H^0_{f(girenler)}$$
$$\Delta H^0_{tepkime} = \left[2 \cdot \Delta H^0_{f(CO_2)} + 2 \cdot \Delta H^0_{f(H_2O)}\right] - \left[1 \cdot \Delta H^0_{f(C_2H_4)} + 3 \cdot \Delta H^0_{f(O_2)}\right]$$
$$\Delta H^0_{tepkime} = \left[2 \cdot (-393{,}52) + 2 \cdot (-241{,}80)\right] - \left[1 \cdot (52{,}46) + 3 \cdot 0\right]$$
$$\Delta H^0_{tepkime} = \left[(-787{,}04) + (-483{,}60)\right] - \left[52{,}46\right]$$
$$\Delta H^0_{tepkime} = -1270{,}64 - 52{,}46$$
$$\Delta H^0_{tepkime} = -1323{,}1 \text{ kj/mol}$$

b) $\Delta H^0{}_{tepkime} < 0$ olduğu için tepkime ekzotermiktir.

2. Aşağıdaki tepkimeye göre 10 g Ca tepkimeye girdiğinde 75 kJ'lük ısı açığa çıkmaktadır. **Buna göre kalsiyum oksidin (CaO) oluşum entalpisi kaç kJ/mol'dür?** (Ca: 40 g/mol)

$Ca(k) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow CaO(k)$

Çözüm

$$n = \frac{m}{M_A} = \frac{10}{40}$$

$n = 0{,}25$ mol

$Ca(k) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow CaO(k)$

0,25 mol 0,25 mol olur.

Molar oluşum entalpisi 1 mol'e göre hesaplanır. Buna göre

0,25 mol CaO oluşumunda 75 kJ/mol ısı açığa çıkarsa
1 mol CaO oluşumunda X kJ/mol ısı açığa çıkar.

$X = \frac{75 \cdot 1}{0{,}25}$ X = 300 kJ/mol ısı açığa çıkar. ΔH^o_f = -300 kJ/mol'dür.

3. 9,2 g etanolün (C_2H_5OH) yanması sonucu 65,2 kkal ısı açığa çıkmaktadır. **Buna göre etanolün molar oluşum entalpisini hesaplayınız.** (C_2H_5OH: 46 g/mol) ($\Delta H^o_{f\,(CO_2)}$ = -94 Kcal/mol, $\Delta H^o_{f\,(H_2O)}$ = -68 Kcal/mol)

Çözüm

$n = \frac{m}{M_A} = \frac{9,2}{46}$

$n = 0,2$ mol

Molar oluşum entalpisi 1 mol'e göre hesaplanır. Buna göre

0,2 mol C_2H_5OH yanmasında 65,2 Kcal/mol ısı açığa çıkarsa

1 mol C_2H_5OH yanmasında X Kcal/mol ısı açığa çıkar.

$X = \frac{65,2 \cdot 1}{0,2} \Longrightarrow X = 326$ Kcal/mol $\Delta H^o_{f\,(tepkime)} = -326$ Kcal/mol

$C_2H_5OH(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(s) + 326$ Kcal/mol

$\Delta H^o_{tepkime} = \sum n\Delta H^o_{f\,(ürünler)} - \sum n\Delta H^o_{f\,(girenler)}$

$\Delta H^o_{tepkime} = [\ 2 \cdot \Delta H^o_{f\,(CO_2)} + 3 \cdot \Delta H^o_{f\,(H_2O)}\ ] - [\ 1 \cdot \Delta H^o_{f\,(C_2H_5OH)} + 3 \cdot \Delta H^o_{f\,(O_2)}\ ]$

$-326 = [\ 2\cdot(-94) + 3\cdot(-68)\ ] - [\ 1\cdot(X) + 3\cdot 0\ ]$

$-326 = [\ (-188) + (-204)\ ] - [\ (X)\ ]$

$X = -392 + 326$

$X = -66$ Kcal/mol

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $CH_4(g) + NH_3(g) \rightarrow HCN(g) + 3H_2(g)$

a) Yukarıdaki tepkimenin standart koşullardaki entalpi değişimini hesaplayınız.
($\Delta H^o_{f\,(CH_4)} = -74,85$ kJ/mol, $\Delta H^o_{f\,(NH_3)} = -45,84$ kJ/mol, $\Delta H^o_{f\,(HCN)} = +135,10$ kJ/mol)

b) Tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu nedeniyle açıklayınız.

2. $Fe_2O_3(k) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(k) + 3CO_2(g)$ tepkimesinin standart tepkime entalpisi -24,8 kJ/mol'dür. **Buna göre CO_2(g) gazının standart molar oluşum entalpisini hesaplayınız.**
($\Delta H^o_{f\,(Fe_2O_3)} = -824,20$ kJ/mol, $\Delta H^o_{f\,(CO)} = -110,52$ kJ/mol)

POTANSİYEL ENERJİ-TEPKİME KOORDİNATI GRAFİĞİ

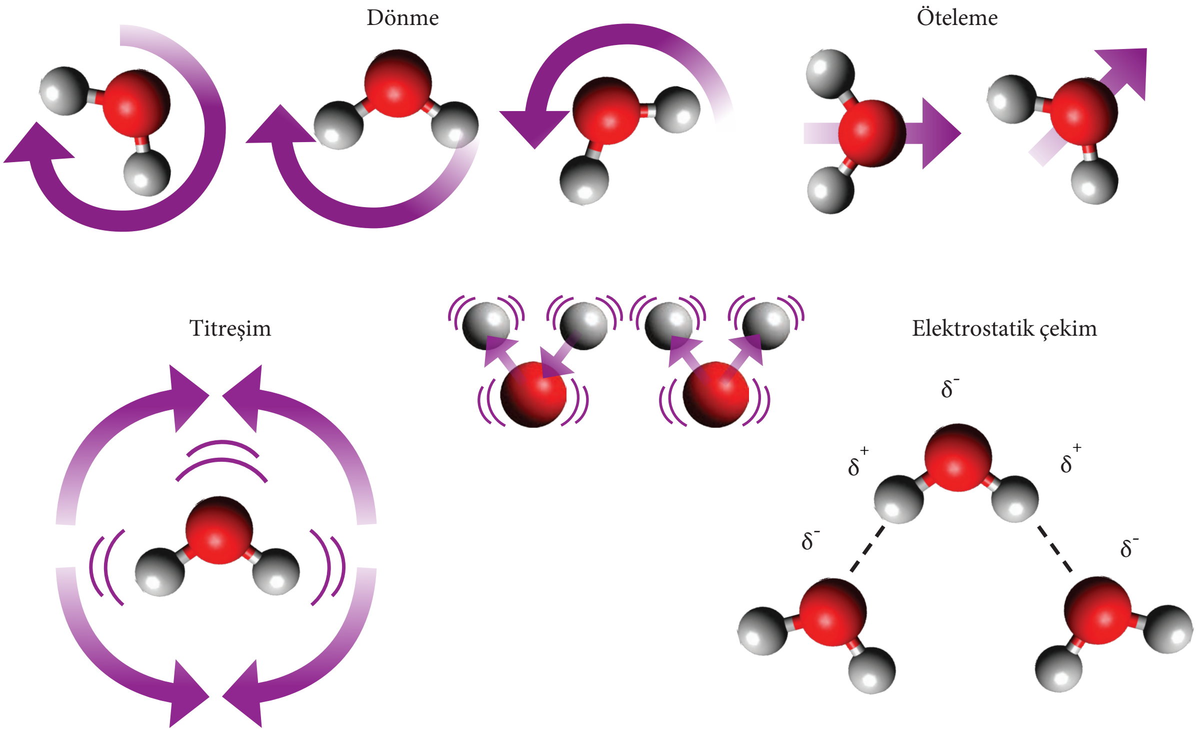


Görsel 4.21: Uçurumdan yuvarlanmış kaya parçası

Uçurumun kenarındaki bir kayanın potansiyel enerjisi oldukça yüksektir. Kayanın potansiyel enerjisi konumundan kaynaklanır. Kaya yuvarlanırsa kayanın konumu değiştiği için potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür (Görsel 4.21).

Kimyasal tepkimelerde potansiyel ve kinetik enerji nasıl meydana gelir?

Kimyasal tepkimelerde oluşan ısı değişimi, tepkimeyi oluşturan atom ve moleküllerin potansiyel ve kinetik enerji değişimlerinin birbirlerine dönüşmesinden kaynaklanır. Maddelerin sahip olduğu enerji, atom ve moleküllerin kinetik ve potansiyel enerjileri toplamına eşittir. Kimyasal **potansiyel enerji,** tepkimedeki kimyasal türler arasındaki elektrostatik çekim kuvvetlerinden, birbirlerine göre konumlarından kaynaklanır. Ekzotermik bir tepkimede bağlar kırılır ve yeni bağlar oluşur. Atom veya molekülleri oluşturan tanecikler daha yüksek enerjili hâlden daha düşük enerjili hâle geçer. Moleküller yeniden düzenlenirken moleküllerin potansiyel enerjileri tepkimede kinetik enerjiye dönüşür. **Kinetik enerji** kimyasal türlerin dönme, öteleme ve titreşim hareketlerinden kaynaklanır (Görsel 4.22).



Görsel 4.22: Su molekülünün dönme, öteleme, titreşim hareketlerinin ve elektrostatik çekim kuvvetlerinin model üzerinde gösterimi

Endotermik tepkimelerde bağlar kırılıp yeni bağlar oluşurken atom veya molekülleri oluşturan tanecikler, ısı enerjisini soğurur. Azot gazı, azot diokside (NO_2) dönüşürken düşük potansiyel enerjili hâlden daha yüksek potansiyel enerjili hâle geçer.

$$\frac{1}{2} N_2(g) + O_2(g) + ısı \longrightarrow NO_2(g)$$

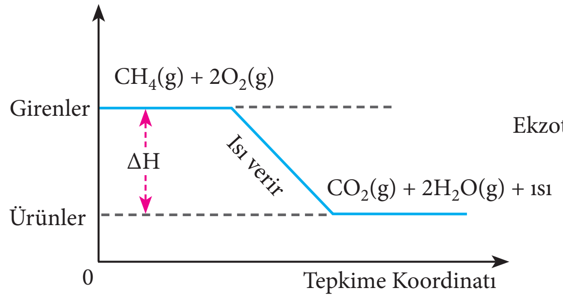
Ekzotermik tepkime olan metanın oksijenle tepkimesinde karbon dioksit gazı ve su oluşurken atomlar yüksek enerjili hâlden düşük enerjili hâle geçer. Ekzotermik tepkimelerde arada oluşan enerji farkı dışarıya ısı olarak verilir. Metan gazının yanması sırasındaki potansiyel enerji (kimyasal bağ enerjisi) ısı ve ışık enerjisine dönüşür.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + ısı$$

Kimyasal tepkimelerde potansiyel enerjideki değişim potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği ile gösterilir. Tepkime aşamaları yatay eksende, girenlerin ve ürünlerin toplam potansiyel enerjileri de dikey eksende verilir.

Ekzotermik tepkime olan metan gazının yanma tepkimesinin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği aşağıdaki gibidir (Grafik 4.1):

Potansiyel Enerji (kJ/mol)



Ekzotermik tepkimelerde $\Delta H < 0$'dır.

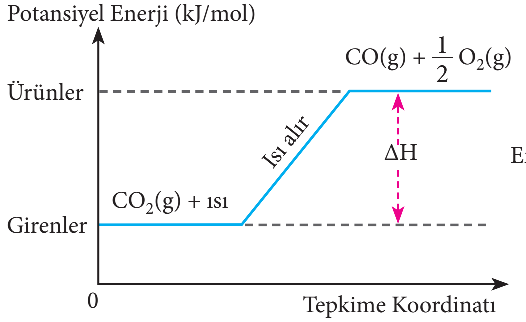
Grafik 4.1: *Ekzotermik tepkimelerde potansiyel enerji-tepkime koordinatı ilişkisi*

Endotermik tepkime olan karbon dioksit gazının ayrışma tepkimesi aşağıdaki gibidir:

$$CO_2(g) + \text{ısı} \longrightarrow CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$$

Bu tepkimede girenler düşük enerjili hâlden daha yüksek enerjili hâle geçer. Arada oluşan enerji farkı dışarıdan alındığı için tepkime endotermiktir. Karbon dioksit gazının ayrışma tepkimesinin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği aşağıdaki gibidir (Grafik 4.2):

Potansiyel Enerji (kJ/mol)



Endotermik tepkimelerde $\Delta H > 0$'dır.

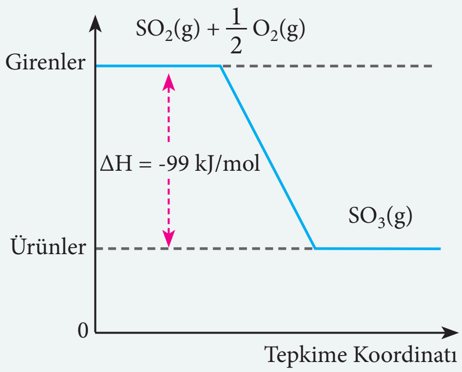
Grafik 4.2: *Endotermik tepkimelerde potansiyel enerji-tepkime koordinatı ilişkisi*

ÖRNEK ÇÖZÜM

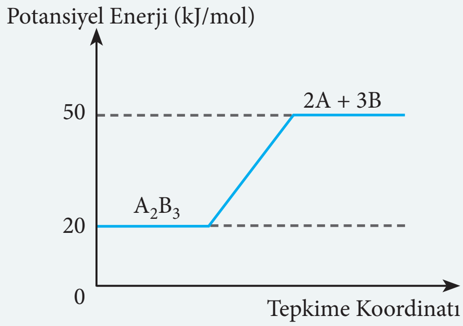
1. $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow SO_3(g) + 99$ kJ/mol **tepkimesinin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.**

Çözüm

Potansiyel Enerji (kJ/mol)



2. Yanda potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği verilmiştir. **Buna göre**



a) A ve B maddelerinden oluşan tepkime denklemini yazınız.

b) Tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu nedeniyle açıklayınız.

c) Girenlerin ve ürünlerin potansiyel enerjilerinden yararlanarak tepkimenin entalpi değerini (ΔH) bulunuz.

Çözüm

a) $A_2B_3 \longrightarrow 2A + 3B$

b) Endotermik

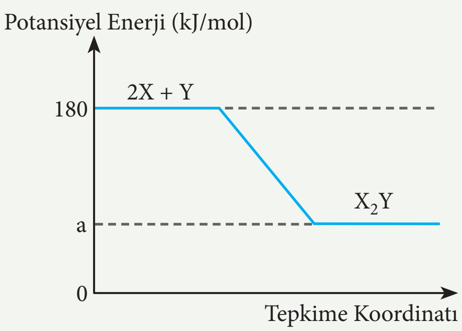
c) $\Delta H_{Tepkime} = \Delta H_{ürünler} - \Delta H_{girenler}$

$\Delta H_{Tepkime} = 50 - 20$

$\Delta H_{Tepkime} = 30$ kJ/mol'dür.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğine göre



a) Kimyasal tepkimeyi yazınız.

b) Bu tepkimenin entalpi değişimi (ΔH) -100 kJ/mol olduğuna göre a yerine yazılması gereken sayıyı bulunuz.

c) 2 mol ürün oluşurken kaç kJ enerji açığa çıkar?

2. $CH_3OH(s) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(s) + 763$ kJ/mol tepkimesinde girenlerin potansiyel enerjisi -238,7 kJ/mol olduğuna göre tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çizerek grafikteki önemli bölgeleri (girenlerin ve ürünlerin potansiyel enerjileri, ΔH) gösteriniz.

4.1. YORUM SİZDE Biyodizel Yakıtlar

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Kimya mühendisi Leyla Hanım, biyodizel yakıtların verimi üzerine laboratuvar çalışmaları yapmaktadır. Leyla Hanım'ın çalıştığı biyodizeller, asit katalizörlüğü eşliğinde metanolle bitkisel yağların [En çok kanola (koza) ve soya yağı kullanılır.] tepkimesiyle elde edilen organik bileşiklerdir. Leyla Hanım, otomobil ve kamyonlarda kullanılacak biyodizelleri dizel yakıtlarla %30'luk ya da daha düşük derişimlerde karıştırarak yakıtın verimliliğini artırmak ister. Araştırmalarında aşağıdaki tepkimeyi kullanır.

$C_{19}H_{38}O_2(s) + \frac{55}{2} O_2(g) \rightarrow 19CO_2(g) + 19H_2O(s)\ \Delta H^o = -11{,}36\ kJ$

1. **Leyla Hanım'ın yaptığı hesaplamalarda $C_{19}H_{38}O_2(s)$ bileşiğinin standart molar oluşum entalpisi kaç kJ olmalıdır?** ($\Delta H^o_{f\,(CO_2)}$ = -393,52 kJ/mol, $\Delta H^o_{f\,(H_2O)}$ = -241,80 kJ/mol)

2. Leyla Hanım, yaptığı araştırmada 1,49 g $C_{19}H_{38}O_2(s)$ bileşiğini kullanmıştır. **Buna göre elde ettiği enerjinin kaç kJ olması gerektiğini hesaplayınız.** (C: 12 g/mol, H: 1 g/mol, O: 16 g/mol)

3. **Leyla Hanım'ın kullandığı tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.**

TEPKİME ENTALPİLERİ İLE İLGİLİ ELEKTRONİK TABLOLAMA PROGRAMINDA GRAFİK OLUŞTURMA

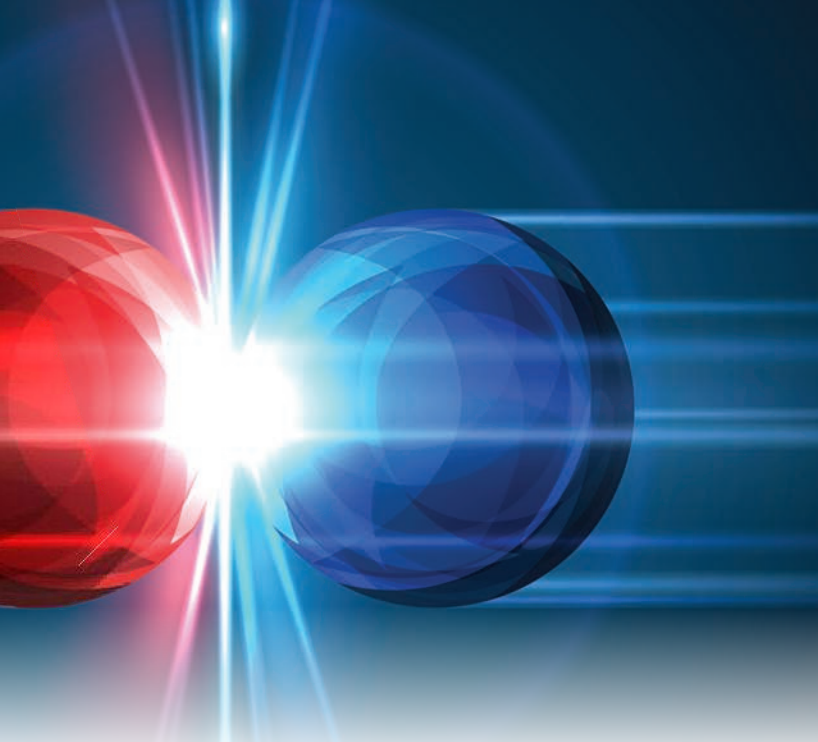
Tepkime entalpileri grafiği girilen değerlere göre değişiklik gösterir. Bu değişiklikleri daha iyi görebilmek için elektronik tablolama sisteminde küçük bir program kullanılabilir.

Aşağıdaki tepkimeyle ilgili Tablo 4.2'de verilen kükürdün yanmasındaki kütle-entalpi değişim değerlerini kullanarak küçük bir program oluşturunuz. Tablo 4.2'deki değerleri değiştirerek gerçekleşen değişimleri yorumlayınız.

$S(k) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) + 296{,}84\ kJ/mol$

Tablo 4.2: *Kükürdün Yanmasındaki Kütle-Entalpi Değişimi*

Kükürdün Kütlesi (g)	Entalpi Değişimi (kJ)
16	148,42
32	296,84
48	445,26
64	593,68
80	742,1



3. BÖLÜM

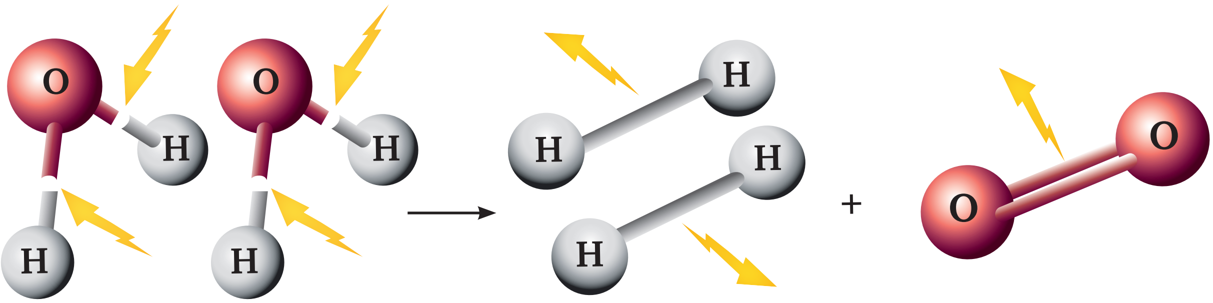
4.3. BAĞ ENERJİLERİ

Neleri Bilmelisiniz?
- Kimyasal bağı,
- Tepkime entalpisini,
- Bağ kırılmasını,
- Bağ oluşumunu bilmelisiniz.

- **Neleri Öğreneceksiniz?**
- Bağ enerjileri ile tepkime entalpisi arasındaki ilişkiyi açıklamayı,
- Oluşan ve kırılan bağ enerjileri üzerinden tepkime entalpisi hesaplamaları yapmayı öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK
- Aynı miktarda farklı cins kömürler ayrı ayrı yakıldığında kömürlerden birinin diğerine göre daha çok ısı verdiği görülür. Bunun nedeni ne olabilir?

4.3.1. BAĞ ENERJİLERİ VE TEPKİME ENTALPİSİ



Görsel 4.23: *H_2O bağının kırılması, H_2 ve O_2 molekülünün oluşumu*

Su; yanıcı, patlayıcı, yakıcı olmayan ve söndürme özelliği olan bir maddedir. Enerji verilerek elektroliz edildiğinde sudaki oksijen ve hidrojen atomları arasındaki bağlar (O-H) kırılır ve yanıcı, patlayıcı hidrojen molekülü (H_2) ile yakıcı oksijen molekülü (O_2) oluşur (Görsel 4.23).

Elektroliz edildiğinde atomlar arasındaki bağları kopan su molekülünün enerjisi ile hidrojen ve oksijen moleküllerinin suyu oluşturmasında açığa çıkan enerji arasında nasıl bir ilişki vardır?

Su molekülündeki oksijen ve hidrojen atomunda olduğu gibi atomları bir arada tutan güçlü etkileşime **kimyasal bağ** denir. Kimyasal tepkimelerde giren maddelerin atomları arasındaki bağlar yeterli enerji verildiğinde kırılır. Bu durumda tepkime endotermik, tepkimenin entalpi değeri de pozitiftir. Tepkime sonunda aynı veya farklı atomlar arasında yeni bağlar oluşur ve ürünler meydana gelir. Bağlar oluşurken enerji açığa çıkar. Bu nedenle bağ oluşumu ekzotermik, tepkimenin entalpi değeri negatiftir.

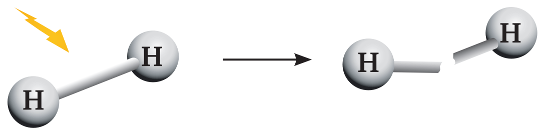
Atomlar arasındaki kovalent bağı kırmak için gerekli olan enerjiye **bağ enerjisi (bağ entalpisi)** denir. Bağ enerjisi "ΔH_B^o" ile gösterilir. Bağ enerjisi bağın kuvvetini gösterir. Bağ enerjisinin birimi, kJ/mol'dür. Bağ enerjisi, girenler ve ürünler gaz hâlindeyken ölçülür; tekli, ikili ve üçlü bağlar için de hesaplanabilir. Moleküldeki bağ sayısı arttıkça o molekülün toplam bağ enerjisi de artar. Bağ kırılması için verilmesi gereken enerji bağ oluşumu sırasında açığa çıkan enerjiye eşittir.

Maddeler kararlı olmak için bağ yapar. Bu nedenle bağ enerjisi kimyasal bağın kararlılığı ve sağlamlığı ile ilgili bilgi verir. Bağ enerjisi ne kadar büyükse kimyasal bağ da o kadar güçlüdür. Örneğin H_2 ve O_2 bağlarının kırılması için gereken enerji miktarları karşılaştırıldığında hidrojen molekülünü (H_2) oluşturan kimyasal bağı kırmak için 436 kJ enerji gerekirken (Görsel 4.24)

Bağ kırılması

$H_2(g) + 436\ kJ \longrightarrow \cdot H(g) + \cdot H(g)$ (Endotermik tepkime)

436 kJ/mol



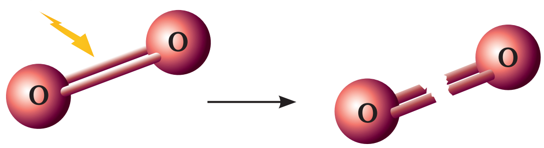
Görsel 4.24: *H_2 bağının kırılması*

oksijen molekülünü (O_2) oluşturan kimyasal bağı kırmak için 499 kJ enerji gerektiği görülür (Görsel 4.25).

Bağ kırılması

$O_2(g) + 499\ kJ \longrightarrow \cdot O(g) + \cdot O(g)$ (Endotermik tepkime)

499 kJ/mol



Görsel 4.25: *O_2 bağının kırılması*

H_2 ve O_2 molekülleri arasında en kuvvetli bağ, ikili bağ ile bağlanan oksijen molekülüne aittir. Kararlı hâldeki oksijen moleküllerine enerji verildiğinde bağlar kırılır ve yüksek enerjili, kararsız hâldeki atomlar oluşur. Bu atomlar tekrar bağ oluşturduğunda enerji açığa çıkar ve daha düşük enerjili, kararlı moleküller meydana gelir.

Bağ kırılması sırasındaki verilmesi gereken enerji bağ oluşumu sırasında açığa çıkan enerjiye eşittir. Cl_2 bağının kırılması ve oluşumu sırasında verilmesi gereken ve açığa çıkan enerji 243 kJ/mol'dür. (Görsel 4.26).

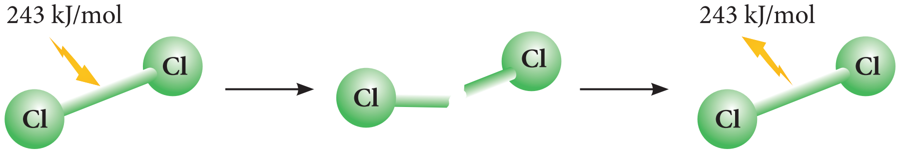
Bağ kırılması

$Cl_2(g) + 243\ kJ \longrightarrow \cdot Cl(g) + \cdot Cl(g)$

Bağ oluşumu

$\cdot Cl(g) + \cdot Cl(g) \longrightarrow Cl_2(g) + 243\ kJ$

243 kJ/mol 243 kJ/mol



Görsel 4.26: *Cl_2 bağının kırılması ve bağ oluşumu*

C−C, C=C ve C≡C bağlarının enerjilerinin sırasıyla 347 kJ/mol, 620 kJ/mol, 812 kJ/mol olduğu görülür. Bağ sayısı arttıkça bağ uzunluğu kısalır. Bağ uzunluğu bağın sağlamlığını gösteren bir diğer unsurdur. Kovalent bağlı bileşiklerde bağ uzunluğu iki atomun çekirdekleri arasındaki mesafedir. Bağ ne kadar kısa ise o kadar sağlamdır ve bağ enerjisi de o kadar büyüktür. Bu nedenle C≡C bağı C=C bağından, C=C bağı C−C bağından daha sağlamdır.

Atom büyüklükleri, molekül yapısı, atomlar arasındaki çekim gücü, elektronegatiflik gibi faktörler bağ enerjisi (bağ entalpisi) ve bağ uzunluğunu etkiler. İki atom arasındaki bağın sayısal değeri, o bağın bulunduğu farklı bileşiklerdeki enerjilerin ortalama değeri alınarak hesaplanır.

Bazı atomlar arasındaki ortalama bağ enerjileri Tablo 4.3’te verilmiştir:

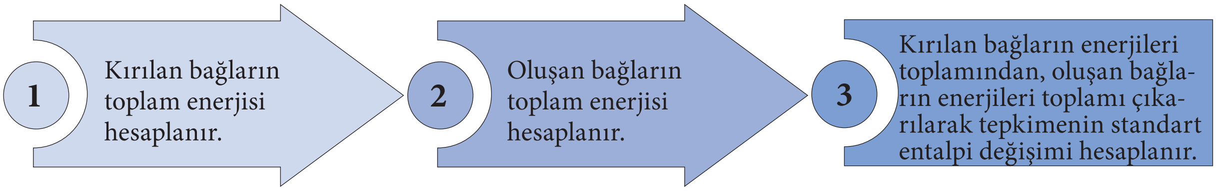
Tablo 4.3: *Ortalama Bağ Enerjileri*

Bağ	Ortalama Bağ Enerjileri (kJ/mol)	Bağ	Ortalama Bağ Enerjileri (kJ/mol)
C–H	414	N–N	193
C–C	347	N=N	418
C=C	620	N≡N	946
F–F	158	N–H	391
H–H	436	N–O	176
H–F	568	N=O	607
H–Cl	431	N–F	195
H–Br	366	N–Cl	381
H–I	298	C–N	276
Cl–Cl	243	C≡N	891
O–O	142	C–F	450
O=O	499	C–O	351
O–H	460	C=O	745
S–H	368	C–Cl	325

Bağ enerjileri kullanılarak kimyasal tepkimenin entalpi değişimi hesaplanabilir. Kimyasal bir tepkimede entalpi değişimi, girenlerin kırılan bağlarının enerjileri toplamı ile ürünlerin oluşan bağlarının enerjileri toplamı arasındaki farka eşittir. Kırılan bağ enerjileri toplamı, oluşan bağ enerjileri toplamından küçükse tepkime ekzotermik ($\Delta H < 0$); büyükse endotermiktir ($\Delta H > 0$). Tepkimelerin entalpi değişimi aşağıdaki formülle hesaplanır:

ΔH = Kırılan bağların toplam enerjisi - Oluşan bağların toplam enerjisi

$\Delta H^o = \sum n\, \Delta H^o_{B\ (\text{kırılan bağlar})} - \sum n\, \Delta H^o_{B\ (\text{oluşan bağlar})}$

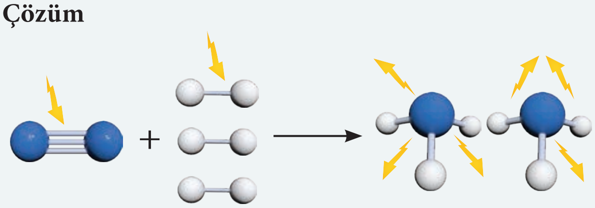


ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Amonyağın molar oluşum entalpisini Tablo 4.3’teki bağ enerjilerini kullanarak hesaplayınız.

$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

Çözüm



N_2 **$3H_2$** **$2NH_3$**

946 kJ/mol + 3 · 436 kJ/mol $\longrightarrow$ 2 · (391 kJ/mol + 391 kJ/mol + 391 kJ/mol)

$\Delta H^o = \sum n\, \Delta H^o_{B\ (\text{kırılan bağlar})} - \sum n\, \Delta H^o_{B\ (\text{oluşan bağlar})}$

$\Delta H^o_{tepkime} = [1 \cdot (946) + 3 \cdot (436)] - [6 \cdot (391)] = [(946) + (1308)] - 2346$

$\Delta H^o_{tepkime} = 2254 - 2346$ $\Delta H^o_{tepkime} = -92$ kJ Molar oluşum entalpisi $(\Delta H^o_f) = -\dfrac{92}{2} = -46$ kJ/mol’dür.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

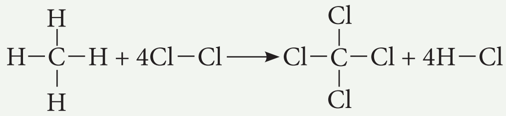
1. **Verilen bağ enerji değerlerinden yararlanarak tepkimenin entalpi değerlerini (ΔH^o) bulunuz.**
(H–H: 436 kJ/mol, O=O: 499kJ/mol, O–H: 460 kJ/mol, C–H: 414 kJ/mol, C=O: 745 kJ/mol)

   a) $H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow H_2O(g)$

   b) $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

2. $CH_4(g) + 4Cl_2(g) \longrightarrow CCl_4(g) + 4HCl(g)$ tepkimesi için ΔH = -396 kJ'dür. **Aşağıdaki tablodan yararlanarak C−Cl bağının enerjisini bulunuz.**

Bağ Türü	Bağ Enerjisi (kJ/mol)
C−H	414
Cl−Cl	243
H−Cl	431



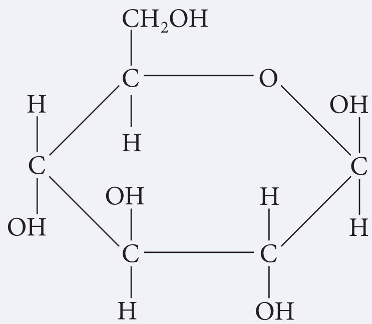
4.2. YORUM SİZDE Glikoz

Yönerge: Aşağıdaki metin ve tablodan yararlanarak soruları cevaplayınız.

Üniversite sınavına giren Sinem, sınav sırasında yorulduğunu ve dikkatinin dağıldığını hisseder. Girişte verilen şekerlerden bir tanesini yediğinde şeker hızlıca kanına karışır ve beyin hücrelerine geçer. Sinem'in yediği şeker oksijenle birleşince aşağıda verilen yanma tepkimesi gerçekleşir.

$C_6H_{12}O_6(k) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(s) \quad \Delta H = -2\,801$ kJ/mol

Bağ	Glikoz Molekülündeki Bağ Sayısı	Bağ Enerjisi (kJ/mol)
C = O	1	745
C – H	7	414
C – C	5	347
C – O	5	351
O – H	5	460
O = O	12	499



Glikoz molekülü

1. **Tablolarda verilen bağ sayılarından ve bağ enerjisi değerlerinden yararlanarak glikozun yanma tepkimesinin entalpi değerini bulunuz.**

2. **Sinem, şeker yerine elma yeseydi 1 mol glikoz için Sinem'in kaç tane elma yemesi gerekirdi?**

(Hesaplamalarda elmadaki gram başına düşen glikozun yanma değerini -2 kJ/g ve 1 elmanın ağırlığını 100 g alınız. Bulduğunuz entalpi değerini en yakın yüzlüğe yuvarlayınız.)



4. BÖLÜM

4.4. TEPKİME ISILARININ TOPLANABİLİRLİĞİ

Neleri Bilmelisiniz?

- Endotermik tepkimeyi,
- Ekzotermik tepkimeyi,
- Tepkimeye girenleri,
- Tepkimede oluşan ürünleri bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- Hess Yasası'nı açıklamayı,
- Hess Yasası ile ilgili hesaplamalar yapmayı öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- **Zemin kattan 5. kata çıkan iki asansörden biri her katta durarak 5. kata çıkarken diğeri doğrudan 5. kata çıkıyor. Bu asansörlerin 5. kata çıkmak için harcadıkları enerji arasındaki ilişki nasıl olur?**

4.4.1. HESS YASASI

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için enerjiye ihtiyaçları vardır. Canlılar bu enerjiyi elde etmek için her gün belirli kaloride besin tüketmek zorundadır. Beslenmede kalori; sindirim, solunum, boşaltım gibi birçok fiziksel ve kimyasal olayı yerine getirmek için yiyecek ve içecekten alınan **enerji**dir. Kalori, besin maddelerindeki enerji birimini belirlemede kullanılır.

İnsanlar sağlıklı ve dengeli beslenmek için aldıkları günlük kaloriye dikkat etmek zorundadır. Günlük kalori miktarı, farklı besinlerle alınabilir. Örneğin 100 g sandviçten bir kerede yaklaşık 300 kilokalori alınabileceği gibi aynı kilokalori farklı miktarlardaki meyve, sebze, balık ve et ürünleri ile de alınabilir.

Farklı besinlerden alınan aynı miktardaki kalorinin vücuda verdiği enerji nasıl değişir?

Kimyasal tepkimelerde ısı değişimini belirlemenin iki yolu vardır:

1. Deneysel olarak ölçmek.
2. Deneysel olarak belirlenmiş diğer entalpi değerlerinden yararlanmak.

Bazı tepkimelerin deneylerini gerçekleştirmek, tepkimede yer alan entalpi değerlerini ölçmek ve tepkimelerle ilgili hesaplamalar yapmak oldukça zordur. Bu tür tepkimelerde enerji değişimini hesaplamak için genellikle Hess Yasası kullanılır. Tepkimelerdeki enerji değişimleri (ΔH) izlenen yoldan bağımsızdır. Bu durum entalpinin bir hâl fonksiyonu olmasından kaynaklanır.

İki veya daha fazla basamaktan oluşan tepkimenin entalpisinin tepkimeyi oluşturan ara basamakların entalpilerinin toplamına eşit olmasına **Hess Yasası** denir. Hess Yasası'na göre toplam tepkimenin entalpisi, tepkimeyi oluşturan ara basamakların tepkime entalpilerinin toplamına eşittir. Örneğin metan gazının yanması tek basamakta da iki basamakta da gerçekleşebilir. Toplam tepkimenin entalpi değerini hesaplamak için Hess Yasası'ndan yararlanılır.

Metan gazının yanmasındaki ara basamaklar ve basamakların entalpileri aşağıda verilmiştir.

1. basamak: $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + \cancel{2H_2O(g)}$ $\Delta H_1^o = -802$ kJ/mol

2. basamak: $\cancel{2H_2O(g)} \rightarrow 2H_2O(s)$ $\Delta H_2^o = -88$ kJ/mol

Toplam tepkime: $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(s)$

$$\Delta H^o_{\text{Toplam tep.}} = \Delta H_1^o + \Delta H_2^o$$

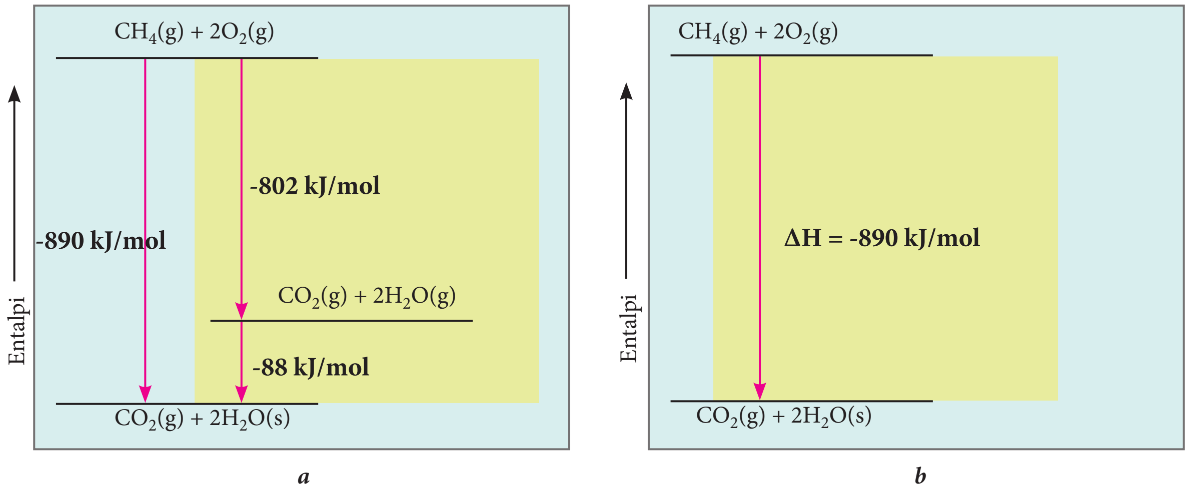
$$\Delta H^o_{\text{Toplam tep.}} = (-802) + (-88)$$

$$\Delta H^o_{\text{Toplam tep.}} = -890 \text{ kJ/mol}$$

Metan gazının (CH_4) yanması tek basamakta gerçekleşirse tepkime aşağıdaki gibi gösterilir.

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(s)$ $\Delta H^o = -890$ kJ/mol

Metan gazının yanması iki veya tek basamakta da gerçekleştiğinde tepkimenin toplam entalpi değeri -890 kJ/mol olur. Her iki tepkimenin grafiği aşağıda verilmiştir (Grafik 4.3).



Grafik 4.3: *$CH_4(g)$ yanmasının **a)** iki basamakta, **b)** tek basamakta gösterimi*

Hess Yasası; entalpi değişimlerinin sadece tepkimeye girenlerin ve ürünlerin entalpisine bağlı olduğunu, ara basamaklara bağlı olmadığını gösterir. Hess Yasası'nda kullanılan yöntem laboratuvarda ölçülemeyen tepkimelerin entalpilerini hesaplamak için de kullanılabilir.

Hess Yasası kullanılarak ana tepkimenin ara basamakları yazılırken aşağıdaki kurallara dikkat edilir.

1. ΔH girenlerin ve ürünlerin miktarıyla doğru orantılıdır. Bu nedenle ara basamakta yer alan maddelerden biri herhangi bir sayı ile çarpıldığında ΔH değeri de aynı sayıyla çarpılır.

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(s)$ $\Delta H^o = -286$ kJ/mol tepkimesi 2 ile çarpıldığında

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(s)$ $\Delta H^o = 2 \cdot (-286) = -572$ kJ/mol olur.

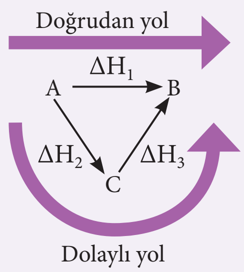
2. ΔH girenlerin ve ürünlerin miktarıyla doğru orantılıdır. Bu nedenle ara basamakta yer alan maddelerden biri herhangi bir sayıya bölündüğünde ΔH değeri de aynı sayıya bölünür.

$2C(k) + 3H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow C_2H_5OH(s)$ $\Delta H^o = -277{,}7$ kJ/mol

tepkimesi 3'e bölündüğünde

$\frac{2}{3}C(k) + H_2(g) + \frac{1}{6}O_2(g) \rightarrow \frac{1}{3}C_2H_5OH(s)$ $\Delta H^0 = \frac{-277{,}7}{3} = -92{,}6$ kJ/mol olur.

BİLİYOR MUSUNUZ?



$A \rightarrow B$ ΔH_1

$A \rightarrow C \rightarrow B$ $\Delta H_2 + \Delta H_3$

$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$

Toplam entalpi değişimi için kimyasal değişimin gerçekleştiği yol ne olursa olsun ilk ve son durum aynıdır.

3. Ara basamakta yer alan kimyasal tepkime ters çevrildiğinde ΔH'nin de işareti değişir.

$C(k) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$ $\Delta H^o = -74{,}85$ kJ/mol tepkimesi ters çevrilirse

$CH_4(g) \rightarrow C(k) + 2H_2(g)$ $\Delta H^o = +74{,}85$ kJ/mol olur.

4. Tepkimenin toplam entalpisini hesaplamak için ara basamak ve ara basamaklardaki tepkimelerin entalpi değerleri toplanır.

$2C(k) + H_2(g) \rightarrow C_2H_2(g)$ tepkimesinin ara basamakları aşağıdaki gibidir.

1. basamak: $2CO_2(g) + H_2O(s) \rightarrow C_2H_2(g) + \frac{5}{2}O_2(g)$ $\Delta H_1^o = +1\,299{,}6$ kJ/mol

2. basamak: $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(s)$ $\Delta H_2^o = -285{,}8$ kJ/mol

3. basamak: $2C(k) + 2O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$ $\Delta H_3^o = -787$ kJ/mol

Toplam tepkime: $2C(k) + H_2(g) \rightarrow C_2H_2(g)$

$\Delta H^o_{\text{Toplam tep.}} = \Delta H_1^o + \Delta H_2^o + \Delta H_3^o$

$\Delta H^o_{\text{Toplam tep.}} = (+1\,299{,}6) + (-285{,}8) + (-787)$

$\Delta H^o_{\text{Toplam tep.}} = +226{,}8$ kJ/mol

! Kimyasal tepkimenin tüm ara basamaklarının aynı sıcaklıkta gerçekleşmesi gerekir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g)$ tepkimesinin entalpisini aşağıda verilenlerden yararlanarak hesaplayınız.

I. $S(k) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$ $\Delta H_1^o = -296{,}8$ kJ/mol

II. $S(k) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$ $\Delta H_2^o = -395{,}6$ kJ/mol

Çözüm

Tepkimenin standart tepkime entalpisini hesaplamak için I. tepkime 2 ile çarpılır, entalpinin işareti değişmez. II. tepkime ters çevrilip 2 ile çarpılır, entalpinin işareti değişir. Girenler ve ürünler taraf tarafa toplanır.

I. $2S(k) + 2O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g)$ $\Delta H_1^o = 2 \cdot (-296{,}8) = -593{,}6$ kJ/mol

II. $2SO_3(g) \rightarrow 2S(k) + 2 \cdot \frac{3}{2}O_2(g)$ $\Delta H_2^o = 2 \cdot (+395{,}6) = +791{,}2$ kJ/mol

$2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g)$

$\Delta H^o_{\text{Toplam tep.}} = \Delta H_1^o + \Delta H_2^o$

$\Delta H^o_{\text{Toplam tep.}} = -593{,}6 + 791{,}2 = +197{,}6$ kJ/mol

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $2HCl(g) + F_2(g) \rightarrow 2HF(s) + Cl_2(g)$ tepkimesinin entalpisini aşağıda verilenlerden yararlanarak hesaplayınız.

I. $4HCl(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(s) + 2Cl_2(g)$ $\Delta H_1^o = -202{,}4$ kJ/mol

II. $\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow HF(s)$ $\Delta H_2^o = -600$ kJ/mol

III. $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(s)$ $\Delta H_3^o = -285{,}8$ kJ/mol

2. $H_2(g) + Br_2(s) \rightarrow 2HBr(g)$ **tepkimesinin tepkime entalpisini aşağıdaki tepkimelerden yararlanarak hesaplayınız.**

I. $NH_3(g) + HBr(g) \rightarrow NH_4Br(k)$ $\Delta H_1^o = -188{,}32$ kJ/mol

II. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ $\Delta H_2^o = -92{,}22$ kJ/mol

III. $N_2(g) + 4H_2(g) + Br_2(s) \rightarrow 2NH_4Br(k)$ $\Delta H_3^o = -541{,}66$ kJ/mol

4.3. YORUM SİZDE Deniz Kabukluları İçin Kalsiyum Karbonatın Önemi

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Okyanuslardaki kabuklu canlıların (istiridye, midye gibi) kabukları ve mercan resifleri kalsiyum karbonattan oluşur. Kalsiyum karbonat oluşurken aşağıdaki ara tepkimeler gerçekleşir:

$CaCO_3(k) \rightarrow CaO(k) + CO_2(g)$ $\Delta H_1^o = -178{,}1$ kJ/mol

$CaO(k) + H_2O(s) \rightarrow Ca(OH)_2(k)$ $\Delta H_2^o = -65{,}3$ kJ/mol

$Ca(OH)_2(k) \rightarrow Ca^{2+}(suda) + 2OH^-(suda)$ $\Delta H_3^o = -16{,}2$ kJ/mol

Bu ara tepkimeler tek bir tepkime olarak taraf tarafa toplandığında aşağıdaki tepkime elde edilir:

$Ca^{2+}(suda) + 2OH^-(suda) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(k) + H_2O(s)$

Tepkimede görüldüğü gibi kalsiyum karbonat, bazik ortamda Ca^{2+} iyonları ve karbon dioksit gazının tepkimeye girmesiyle oluşur. Kalsiyum karbonat, okyanusların normal pH seviyesinde çözünmez fakat pH seviyesinin düşmesi kalsiyum karbonatın iyon derişimini değiştirir. Fosil yakıtların kullanımı sonucu havaya salınan karbon dioksit miktarındaki artış okyanuslardaki karbon dioksit emilimini ve okyanus suyunun asitliliğini artırır. Okyanus suyunun asitliğinin artması ise okyanus suyundaki hidrojen (H^+) iyonunun karbonat iyonları ile tepkimeye girmesine ve bikarbonat iyonunun oluşmasına neden olur. Bu durum okyanuslardaki karbonat iyonu derişimini azaltır. Okyanus suyu, azalan karbonat iyon derişimi ihtiyacını deniz kabuklularının kabuklarındaki karbonattan sağlar. Bu durum ilerleyen zamanlarda mercanlar ve kabuklu deniz canlıları için olumsuz etkiler doğuracaktır.

1. Metindeki tepkimelerden yararlanarak

$Ca^{2+}(suda) + 2OH^-(suda) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(k) + H_2O(s)$ **tepkimesinin entalpisini (ΔH^o) hesaplayınız.**

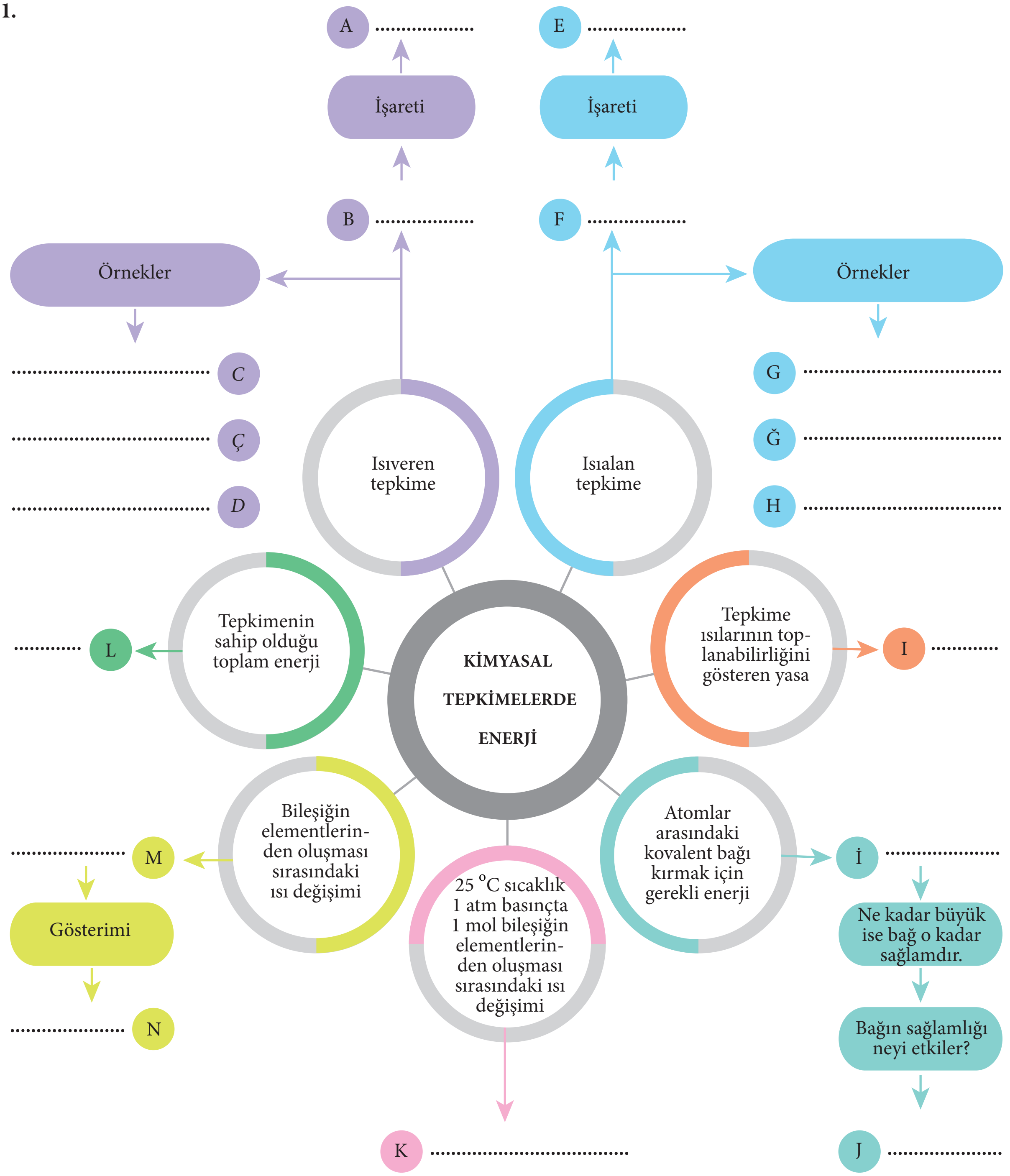
2. 1. sorudaki tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

3. Okyanus sularının asitliğinin artması hangi sonuçları doğurur?

ÜNİTE SONU SORULARI

Kimyasal tepkimelerde enerji ile ilgili aşağıdaki kavram haritasında yer alan boşlukları uygun sözcüklerle doldurunuz.

1.



Aşağıdaki açıklamaları ifadelerle eşleştirerek ayraç içine uygun harfi yazınız.

2.

Harf	İfadeler	Kavramlar
( )	I. Tepkimelerin toplanabilirliği	a) Oluşum entalpisi
( )	II. Tepkimelerdeki ısı değişimi	b) Hess Yasası
( )	III. Bir bileşiğin elementlerinden oluşması sırasındaki ısı değişimi	c) Bağ enerjisi
( )	IV. Bağları bir arada tutan enerji	ç) Entalpi
		d) Eşik enerjisi

Aşağıdaki yargılar doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz yargının karşısına nedenini yazınız.

3.

	Yargılar	D/Y	Nedeni
I.	Endotermik tepkimelerde ürünlerin entalpisi, girenlerin entalpisinden küçüktür.		
II.	Ekzotermik tepkimelerin entalpi değişimi negatiftir.		
III.	Tepkime entalpisi hesaplanırken girenlerin entalpileri toplamından ürünlerin entalpileri toplamı çıkarılır.		
IV.	Kimyasal bağların kırılması endotermiktir.		
V.	Tepkimede izlenen yol entalpi değerini değiştirir.		

Aşağıdaki metinde yer alan boşlukları verilen sözcüklerden uygun olanlarla doldurunuz.

4.

entalpi, küçük, büyük, Hess Yasası, bağ enerjisi, ekzotermik, endotermik, katalizör

Tepkimeler gerçekleşirken ısı alır veya verir. Tepkime gerçekleşirken ortamdan ısı alırsa (a)………………., ortama ısı veriyorsa (b)………………. tir. Tepkimenin sahip olduğu toplam enerjiye (c)………………. denir. Isıveren tepkimelerde ΔH değeri sıfırdan (ç)……………..… tür. Isıalan tepkimelerdeki ΔH sıfırdan (d)………………. tür. Bağın kırılması için gerekli olan enerjiye (e)………………. denir. Tepkimeyi oluşturan basamakların entalpi değişimleri toplamına eşit olması (f)………………. ile ifade edilir.

Aşağıdaki açık uçlu soruların cevaplarını boş bırakılan alanlara yazınız.

5. Kısa mesafeli araba yarışlarında yakıt olarak kullanılan nitrometan (CH_3NO_2),

$4CH_3NO_2(s) + 7O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g) + 4NO_2(g) \quad \Delta H^o = -2\,441{,}6\ kJ$

tepkimesine göre yanar.

Buna göre 12,2 g nitrometanın yanmasıyla açığa çıkan ısı kaç kJ/mol'dür? (CH_3NO_2: 61 g/mol)

6. Aşağıdaki tabloda verilen olayları, entalpi değerlerine göre belirleyerek uygun olan kutucuğu işaretleyiniz.

	ΔH < 0	**ΔH > 0**
Asit ve bazın tepkimeye girerek tuz ve su oluşturması		
Kar yağması		
Naftalinin katı hâlden doğrudan gaz hâline geçmesi		
Gazozun içinde CO_2 gazının çözünmesi		
Fotosentez		
Kâğıdın yanması		

7. Elinize kolonya döktüğünüzde soğuma hissi verir.
Soğuma hissinin nedenini $C_2H_5OH(s) \rightarrow C_2H_5OH(g)$ $\Delta H^o = 42{,}2$ kJ/mol tepkimesine ve entalpi değerine göre açıklayınız.

8. Asetik asit (CH_3COOH), etanol (C_2H_5OH) ile oksijenin tepkimesinden elde edilir.

$C_2H_5OH(s) + O_2(g) \rightarrow CH_3COOH(s) + H_2O(s)$

Moleküllerin oluşum entalpi değerlerinden yararlanarak tepkimenin ΔH^o değerini hesaplayınız.

$\Delta H_f^o[C_2H_5OH(s)] = -277{,}7$ kJ/mol

$\Delta H_f^o[CH_3COOH(s)] = -484{,}5$ kJ/mol

$\Delta H_f^o[H_2O(s)] = -285{,}8$ kJ/mol

9. Günümüz araçlarının çoğu yakıt olarak oktan (benzinin ana bileşeni) kullanır çünkü oktan depolanması kolay bir yakıttır. Oktanın kolay depolanması avantaj gibi gözükse de çevreye verdiği zarar oldukça fazladır. Oktan yerine çevreyi kirletmeyen yakıtlardan biri olan hidrojen kullanımı yaygınlaştırılabilir fakat hidrojenin depolanması da oktanın depolanması kadar kolay değildir. Hidrojen gazı $H_2O(s) \rightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ tepkimesi ile elde edilebilir.

1 atm basınç ve 25 °C'ta 1 L oktanın (C_8H_{18}) yanmasıyla elde edilen enerjiyi hidrojen gazından elde edebilmek için gerekli hidrojen gazının hacmini hesaplayınız. ($d_{oktan} = 0{,}70$ kg /L)($\Delta H^o_{f(oktan)} = -250$ kJ/mol, $\Delta H^o_{f(H_2O)} = -285{,}83$ kJ/mol, $\Delta H^o_{f(CO_2)} = -393{,}5$ kJ/mol) (H: 1 g/mol), (C_8H_{18}: 114 g/mol)

10. Bir öğrenci 10 km uzaklıktaki okuluna her gün bisikletle gitmekte ve bu yol gidiş dönüş 60 dk. sürmektedir. Öğrenci yolda 1 250 kJ/sa enerji harcamaktadır. Aynı yol otomobil ile gidildiğinde 1,5 L oktan (C_8H_{18}) tüketilmektedir. **Öğrenci yıl boyunca okula 150 gün gittiğine göre**

a) **Bisikletle gidildiğinde harcanan toplam enerji miktarı ne kadardır?**

b) **Otomobille gidildiğinde harcanan toplam enerji miktarı ne kadardır?**
($d_{oktan} = 0{,}70$ kg /L)($\Delta H^o_{f(oktan)} = -250$ kJ/mol, $\Delta H^o_{f(H_2O)} = -285{,}83$ kJ/mol, $\Delta H^o_{f(CO_2)} = -393{,}5$ kJ/mol)(C_8H_{18}: 114 g/mol)

11. $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$ tepkimesinin entalpisi -100 kJ/mol'dür. **Tepkime denklemine göre**

a) **6,4 g SO_2 gazının tepkimeye girmesi sonucunda kaç kJ ısı açığa çıkar?** (S: 32 g/mol, O: 16 g/mol)

b) **300 kJ enerji elde etmek için tepkimeye giren oksijen gazının (O_2) 0 °C'ta hacmi 33,6 L ise basıncı kaç atmosferdir?**

c) **1,2 mol SO_3 gazı oluştuğunda açığa çıkan enerji kaç kJ'dür?**

12.

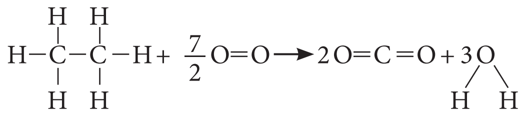
Sıra Numarası	Bağ	Bağ Enerjisi (kJ/mol)
I.	N–N	193
II.	N=N	418
III.	N≡N	941

Yukarıdaki tablodan faydalanarak bağların

a) Bağ uzunluklarını büyükten küçüğe doğru sıralayıp nedenini açıklayınız.

b) Sağlamlığını büyükten küçüğe doğru sıralayıp nedenini açıklayınız.

13. $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(s)$



Yukarıda etanın [$C_2H_6(g)$] yanma tepkimesi verilmiştir. Tepkimenin entalpi değişimi -1 460 kJ'dür. Etanın standart oluşum entalpisi -84,68 kJ/mol, karbon dioksidin [$CO_2(g)$] standart oluşum entalpisi -393,52 kJ/mol'dür. O–H bağının bağ entalpisi 460 kJ/mol'dür.

a) Yukarıdaki oluşum entalpisi değerlerini kullanarak suyun molar oluşum entalpisini bulunuz.

b) O–H bağlarının oluşturduğu suyun (H_2O) molar oluşum entalpisinin değerini bulunuz.

c) Oksijenin [$O_2(g)$] entalpi değerinin soruda neden verilmediğini açıklayınız.

ç) Tepkime sonucunda oluşan su, sıvı hâlde değil de gaz hâlinde olsaydı tepkimenin entalpisi nasıl değişirdi?

14. Aşağıdaki tabloda bazı atomların bağ enerjileri verilmiştir.

Bağ	Bağ Enerjisi (kJ/mol)
C–H	414
C–C	347
C=O	745
O–H	460
O=O	499

Tabloda verilen bağ enerjilerine göre $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g)$ tepkimesinde 45 g C_2H_6 gazının yanmasından kaç kJ ısı açığa çıkar?

15. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ tepkime entalpisini aşağıdaki tepkimelerden yararlanarak hesaplayınız.

I. $NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(k)$ $\Delta H_1^o = -176$ kJ/mol

II. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ $\Delta H_2^o = -92,22$ kJ/mol

III. $N_2(g) + 4H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2NH_4Cl(k)$ $\Delta H_3^o = -628,86$ kJ/mol

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

16. Bir kimyasal tepkimede girenlerin potansiyel enerjisi ürünlerden fazladır.

Buna göre tepkime için

I. Ekzotermiktir.
II. Isı alarak gerçekleşmiştir.
III. Kendiliğinden gerçekleşir.
IV. Gerçekleştiği ortamın sıcaklığı artar.

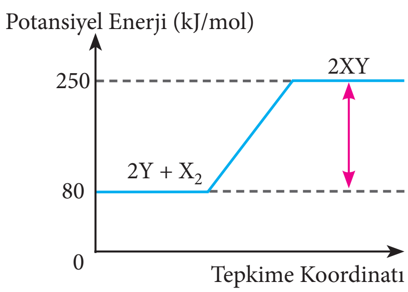
yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) I, II ve IV E) I, III ve IV

17. Aşağıdaki tepkimelerden hangisinin entalpi değişimi aynı zamanda standart molar oluşum entalpisidir?

A) $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(s)$
B) $2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$
C) $SO_3(g) + H_2O(s) \longrightarrow H_2SO_4(s)$
D) $C_2H_2(g) + H_2(g) \longrightarrow C_2H_6(g)$
E) $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

18.



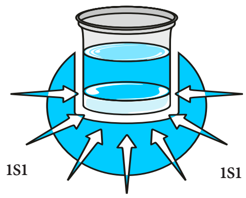
Yukarıdaki tepkime grafiğine göre

I. Tepkime denklemi $2Y + X_2 \rightarrow 2XY$ şeklindedir.
II. Tepkime endotermik bir tepkimedir.
III. Tepkime ters çevrilirse ürünlerin enerjisi artar.
IV. Tepkime sırasında dışarıdan 100 kJ/mol enerji alınır.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I ve IV

19.



Yukarıdaki kap içinde gerçekleşen tepkime ile ilgili

I. Buharlaşma tepkimesi olabilir.
II. Moleküller arası bağlar kırılır.
III. $\Delta H > 0$'dır.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

20-21. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Haşere ve küçük hayvanlar rekabete dayanan yaşam mücadelesini kazanabilmek için farklı savunma sistemleri geliştirmiştir. Bukalemunlar renk değiştirirken bazı kelebekler koku salgılar. Bazı böcekler ise vücutlarındaki zehirli sıvıları püskürtür. Bombacı kın kanatlılar da (Brachinus) vücudundan püskürttüğü bir çeşit kimyasal ile yırtıcıları uzaklaştırır. Karınlarının ucunda her biri iç ve dış bölümden oluşan çift hazne bulunur. İç bölmede hidrokinon ve hidrojen peroksit çözeltisi, dış bölmede ise bir enzim karışımı vardır. Kın kanatlı tehdit edildiği zaman iç bölmeden dış bölmeye bir miktar sıvı çıkar ve enzimlerin de etkisiyle aşağıdaki ekzotermik tepkime gerçekleşir.

$$\underset{\text{Hidrokinon}}{C_6H_4(OH)_2(aq)} + \underset{\text{Hidrojen peroksit}}{H_2O_2(aq)} \xrightarrow[\text{Kinon}]{\text{Enzim}} C_6H_4O_2(aq) + 2H_2O(s)$$

Tepkime sonunda kinon ve su açığa çıkar. Açığa çıkan ısı ile kın kanatlı tehdit olarak gördüğü hayvana karışımı buhar şeklinde püskürtür.

20. Tepkime entalpisinin işaretini yorumlayınız.

21. Kın kanatlının vücudunda gerçekleşen tepkimenin entalpi değerini bulmak için hangi atomlar arasındaki bağ enerjilerine ihtiyaç olabilir?

22-23. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Cep sobaları soğuk havalarda dışarıda çalışan kişilerin kullandığı küçük torbalardır. Torbalar hava geçiren kâğıttan üretilir. Torbanın içinde toz demir, sodyum klorür ve çok az miktarda da su bulunur. Torbanın dışındaki plastik kılıf yırtıldığında O_2 molekülleri kâğıttan geçer ve aşağıdaki tepkimeyi başlatır.

$4Fe(k) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(k)$

Tepkime demirin paslanması olarak bilinen ekzotermik bir tepkimedir. 224 g demir içeren tepkime sonucu 3,5 saate kadar sıcak tutan ısı açığa çıkar.

22. Tepkime sonucu açığa çıkan ısı miktarını hesaplayınız. (Fe: 56 g/mol, O: 16 g/mol) ($\Delta H_f^o(Fe_2O_3)$ = -824,2 kJ/mol)

23. Potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

24-25. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

İstenmeyen yağların temizlenmesi için endüstride yağ çözücüler kullanılır. Yağ çözücüler yağın yapısını değiştirerek ortamı temizler. Yağ çözücü olarak kullanılan metilen klorür (CH_2Cl_2) aşağıda görüldüğü gibi metan gazının klor gazıyla tepkimesinden elde edilir.

$CH_4(g) + 2Cl_2(g) \rightarrow CH_2Cl_2(g) + 2HCl(g)$

24. Aşağıdaki tepkimeleri kullanarak verilen tepkimenin entalpisini hesaplayınız.

$CH_4(g) + Cl_2(g) \rightarrow CH_3Cl(g) + HCl(g)$

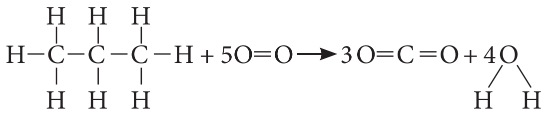
ΔH^o = -98,3 kJ

$CH_3Cl(g) + Cl_2(g) \rightarrow CH_2Cl_2(g) + HCl(g)$

ΔH^o = -104 kJ

25. Tepkimenin endotermik mi yoksa ekzotermik mi olduğunu nedeni ile belirtiniz.

26-28. soruları aşağıdaki tepkimenin entalpisi ve bağ enerjisi değerlerinden yararlanarak cevaplayınız.



Bileşiğin Formülü	ΔH_f^0	Bağ	Bağ Enerjisi (kJ/mol)
$C_3H_8(g)$	-103,80	C–H	414
$CO_2(g)$	-393,52	C–C	347
$H_2O(g)$	-241,80	C=O	745
$O_2(g)$	0	O=O	499
		O–H	460

26. Moleküllerin standart oluşum entalpilerinden yararlanarak tepkime entalpisini hesaplayınız.

27. Bağ enerjisi değerlerinden yararlanarak tepkime entalpisini hesaplayınız.

28. Bulduğunuz entalpi değerinden yararlanarak tepkimenin ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu nedeniyle belirtiniz.

Bu ünite ile ilgili daha fazla soruya ulaşmak için karekodu okutunuz.

5. ÜNİTE

KİMYASAL TEPKİMELERDE HIZ

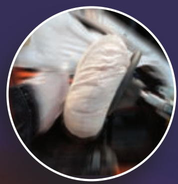


Ünite karekodu

Ünite sunum karekodu

BÖLÜMLER

1. TEPKİME HIZLARI



2. TEPKİME HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER



ANAHTAR KAVRAMLAR

- Aktivasyon Enerjisi
- Hız Sabiti
- İnhibitör
- Katalizör
- Ortalama Tepkime Hızı

1. BÖLÜM

5.1. TEPKİME HIZLARI



Neleri Bilmelisiniz?

- Derişim, mol, kütle ve normal şartlarda gaz hacmini,
- Homojen ve heterojen kavramını,

Neleri Öğreneceksiniz?

- Kimyasal tepkimeler ile tanecik çarpışmaları arasındaki ilişkiyi açıklayabilmeyi,
- Kimyasal tepkimelerin hızları açıklanırken
  - a) Madde miktarı (derişim, mol, kütle, gaz maddeler için normal şartlarda hacim) ile tepkime hızını ilişkilendirebilmeyi,
  - b) Ortalama tepkime hızı kavramını açıklamayı,
  - c) Homojen ve heterojen faz tepkimelerine örnekler verebilmeyi öğreneceksiniz.

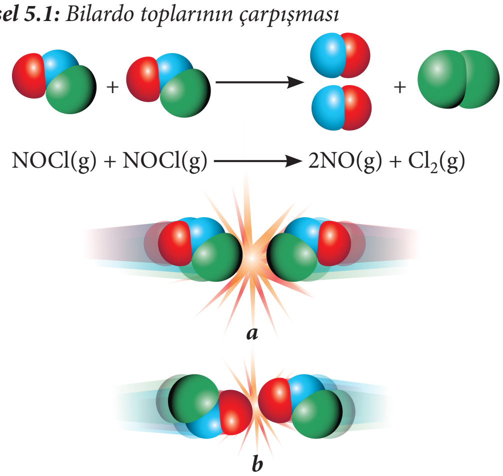
BÖLÜME HAZIRLIK

- Trafik kazalarında araçlardaki hava yastıklarının açılmasını sağlayan kimyasal tepkime oldukça hızlıdır. Metallerin paslanma tepkimeleri de aynı hızda gerçekleşseydi neler olurdu?

5.1.1. KİMYASAL TEPKİMELER VE ÇARPIŞMA TEORİSİ



Görsel 5.1: *Bilardo toplarının çarpışması*



Görsel 5.2: a) *Etkin çarpışma,* ***b)*** *Etkin olmayan çarpışma*

Bilardo toplarına isteka ile vurulduğunda toplar birbirleri ile çarpışır (Görsel 5.1). Topların masa üzerindeki ceplere girmeleri için yeterli enerjiye sahip olmaları ve uygun geometri ile çarpışmaları gerekir.

Bilardo toplarına isteka ile yapılan her vuruş topun masa üzerindeki cebe girmesini sağlamadığı gibi tepkimeye giren moleküllerin çarpışması da her zaman ürün oluşturmaz. Bunun nedeni ne olabilir?

Bilardo topları çarpışarak birbirlerini etkiler ve masadaki ceplere ulaşır. Kimyasal tepkimenin gerçekleşmesi ve ürünün oluşması için de kimyasal türlerin yeterli kinetik enerji ve uygun geometri ile çarpışması gerekir (Görsel 5.2.a). Bu koşulları sağlayarak ürün oluşturan çarpışmalara **etkin çarpışma** denir. Yeterli enerji ve uygun geometri yoksa etkin olmayan çarpışma gerçekleşir (Görsel 5.2.b).

Kimyasal tepkimede kimyasal türlerin yeterli enerji ile çarpışmasını, kimyasal türlerin birbiri ile çarpışma sayısını ve tepkimenin hızını belirleyen teoriye **çarpışma teorisi** denir.

Kimyasal tepkimeye neden olan çarpışmalar etkin çarpışmalardır. → Etkin çarpışmalar çarpışma teorisine göre gerçekleşir. → Çarpışma teorisine göre

- Uygun geometri
- Yeterli enerji
- Yeterli sayıda molekül ve çarpışma sayısı gereklidir.

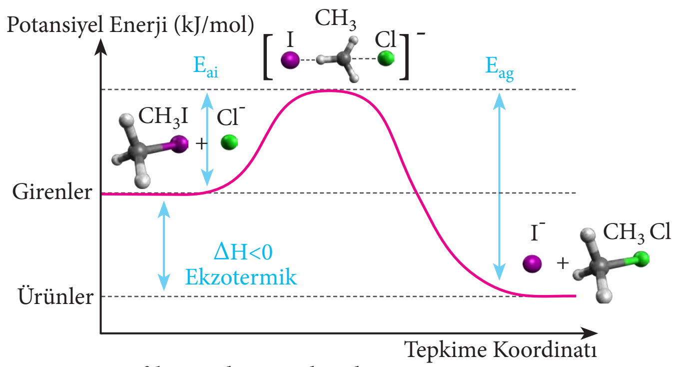
Etkin çarpışma sayısı tepkime hızı ile doğru orantılıdır. Ürün oluşturmak için kimyasal türlerin sahip olması gereken minimum enerjiye **aktivasyon enerjisi (eşik enerjisi)** denir. Aktivasyon enerjisi, "Ea" ile gösterilir. Tepkimenin aktivasyon enerjisi, sıfırdan büyüktür ve tepkimeye giren maddelerin türüne bağlıdır.

Tepkimelerde uygun geometri ve yeterli enerjideki kimyasal türler çarpıştığında atomlar arası bağlar zayıflar ve yüksek enerjili kararsız ara ürünler oluşur. Kararsız ara ürünlere **aktifleşmiş kompleks** denir.

Tepkimeye giren kimyasal türlerin ürünlere dönüşmesine **ileri tepkime**, ürünlerin tepkimeye giren kimyasal türlere dönüşmesine **geri tepkime** denir. Örneğin diazot pentaoksidin parçalanma tepkimesinden oluşan azot dioksit ve oksijen molekülü ileri tepkimeyi, azot dioksit ve oksijenin tepkimeye girmesiyle diazot pentaoksit oluşturması da geri tepkimeyi göstermektedir.

İleri tepkime: $N_2O_5(g) \longrightarrow 2NO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

Geri tepkime: $2NO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow N_2O_5(g)$



Grafik 5.1: *Ekzotermik tepkime*

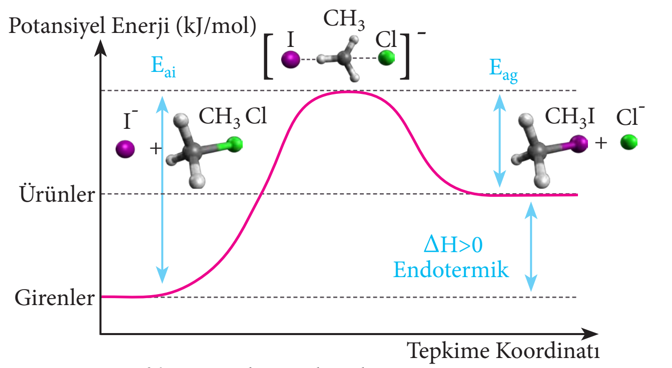
Tepkimeye giren kimyasal türlerin ürünlere dönüşmeden önce aktifleşmiş komplekse kadar sahip olmaları gereken en düşük enerjiye **ileri tepkimenin aktifleşme enerjisi (E_{ai})** denir. Ürünlerin girenlere dönüşmeden önce aktifleşmiş komplekse kadar sahip olmaları gereken en düşük enerjiye ise **geri tepkimenin aktifleşme enerjisi (E_{ag})** adı verilir. Tepkimedeki enerji değişimi E_{ai} ile E_{ag} arasındaki farka eşittir.

$$\Delta H = E_{ai} - E_{ag}$$

Ekzotermik tepkimelerde geri tepkimenin aktifleşme enerjisi (E_{ag}) ileri tepkimenin aktifleşme enerjisinden (E_{ai}) büyüktür (Grafik 5.1). Geri tepkimenin aktifleşme enerjisinin ileri tepkimenin aktifleşme enerjisinden büyük olması tepkimeye girenlerin potansiyel enerjisinin ürünlerin potansiyel enerjisinden büyük olduğunu gösterir.

$CH_3I + Cl^- \rightarrow [I \cdots CH_3 \cdots Cl]^- \rightarrow CH_3Cl + I^- +$ ısı

ara ürün



Grafik 5.2: *Endotermik tepkime*

Endotermik tepkimelerde geri tepkimenin aktifleşme enerjisi ileri tepkimenin aktifleşme enerjisinden küçüktür (Grafik 5.2).

$CH_3Cl + I^- +$ ısı $\longrightarrow CH_3I + Cl^-$

Endotermik tepkimede geri tepkimenin aktifleşme enerjisinin ileri tepkimenin aktifleşme enerjisinden küçük olması, tepkimeye girenlerin potansiyel enerjisinin ürünlerin potansiyel enerjisinden küçük olduğunu gösterir.

1. İleri tepkimenin aktifleşme enerjisi hesaplanır.
2. Geri tepkimenin aktifleşme enerjisi hesaplanır.
3. İleri tepkimenin aktifleşme enerjisinden geri tepkimenin aktifleşme enerjisi çıkarılır.
4. Tepkime entalpisi hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $NO_2(g) + CO(g) \rightarrow NO(g) + CO_2(g)$ tepkimesinin ileri aktivasyon enerjisi 132 kJ/mol, tepkimenin entalpisi -226 kJ/mol'dür.

a) Tepkimenin endotermik mi yoksa ekzotermik mi olduğunu gerekçesi ile açıklayınız.

b) Geri tepkimenin aktivasyon enerjisini hesaplayınız.

c) Tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

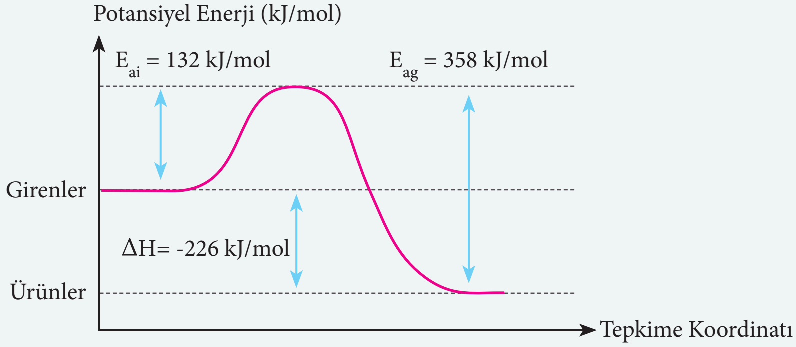
Çözüm

a) ΔH negatif olduğu için tepkime ekzotermiktir.

b) E_{ai} = 132 kJ/mol ΔH = -226 kJ/mol

$\Delta H = E_{ai} - E_{ag}$

$-226 = 132 - E_{ag}$ E_{ag} = 358 kJ/mol

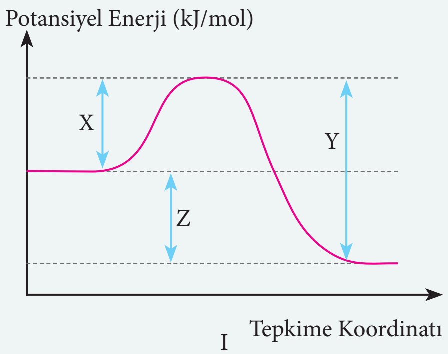


2. Aşağıda $2NOCl(g) \rightarrow 2NO(g) + Cl_2(g)$ tepkimesine ait ileri ve geri tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatları grafikleri verilmiştir. Tepkimenin E_{ai} = 98 kJ, E_{ag} = 22 kJ'dür.

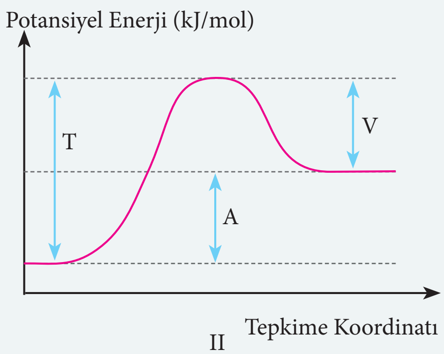
a) Tepkimenin entalpisini hesaplayınız.

b) Aşağıdaki grafiklerden hangisinin bu tepkimeye ait olduğunu gerekçesiyle açıklayınız.

c) I. grafikteki X, Y, Z harfleri II. grafikteki hangi harflere karşılık gelmektedir? Bu harflerin karşılık geldiği değerleri yazınız.



I



II

Çözüm

a) $\Delta H = E_{ai} - E_{ag}$ $\Delta H = 98 - 22$ ΔH = 76 kJ/mol olur.

b) Tepkime endotermik olduğu için bu tepkimenin grafiği II. grafiktir.

c) II. grafik ileri tepkimenin grafiğidir.

T: E_{ai} = 98 kJ/mol

V: E_{ag} = 22 kJ/mol

A: ΔH = 76 kJ/mol

I. grafik geri tepkimenin grafiğidir.

X: E_{ai} = 22 kJ/mol

Y: E_{ag} = 98 kJ/mol

Z: ΔH = -76 kJ/mol

X = V   Y = T   Z = A

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $X_2(g) + \frac{3}{2}Y_2(g) \rightarrow X_2Y_3(g)$ tepkimesinin geri aktivasyon enerjisi 51 kJ/mol, tepkimenin entalpisi 33 kJ/mol'dür.

   a) Tepkimenin endotermik mi yoksa ekzotermik mi olduğunu gerekçesi ile açıklayınız.

   b) İleri tepkimenin aktivasyon enerjisini hesaplayınız.

   c) Tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

5.1.2. KİMYASAL TEPKİMELERİN HIZLARI

İtfaiyeciler, yangınla mücadele ederken kimyasal tepkimelerin hızlarını ve mekanizmalarını kullanır. İtfaiyecilerin müdahale ettiği yangınlar hızlı gerçekleşen ekzotermik tepkimelerdir. Yangına su püskürtüldüğünde su, enerjinin büyük bir kısmını soğurarak yanan maddenin soğumasını sağlar.

Yangın devam ederken rüzgârın çıkması yangının hızını nasıl etkiler?

Yangının söndürülmesi nasıl belirli bir hızda gerçekleşiyorsa farklı hızla gerçekleşen olaylar da vardır. Örneğin Türkiye'deki bir lastik fabrikasında günde yaklaşık 3 000 lastik üretilmesi, evdeki bir musluktan dakikada 50 L su akması veya arabanın saatte 90 km yol alması gibi örnekler birim zamandaki nicel değişimleri gösterir. Bu olaylardaki hız; yangının söndürülme hızı, lastik üretim hızı, suyun dakikadaki akma hızı, arabanın saatteki hızı olarak adlandırılır. **Tepkime hızı** ise birim zamanda tepkimeye giren maddelerin miktarındaki azalma, ürünlerin miktarındaki artma olarak tanımlanabilir. Kimyasal tepkimeler de farklı hızlarda oluşur. Örneğin bazı yanma tepkimeleri hızlı gerçekleşirken metallerin paslanması ve jeolojik olaylar gibi tepkimeler oldukça yavaş gerçekleşir.

$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

Metanın yanma tepkimesi (Hızlı yanma)

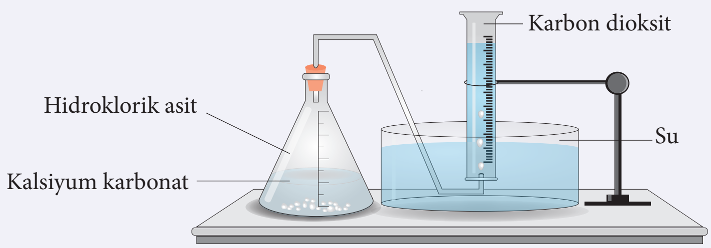
$2Fe(k) + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow Fe_2O_3(k)$

Demirin paslanma tepkimesi (Yavaş yanma)

5.1. YORUM SİZDE **Tepkime Hızı**

Yönerge: Aşağıdaki metin ve görselden yararlanarak soruları cevaplayınız.

11. sınıf öğrencisi Sıla, tepkime hızının ölçülmesine ait deney yapmak için üniversite öğrencisi ağabeyi Yaman'dan kendisine yardımcı olmasını ister. Ağabeyi ile yaptıkları araştırma sonucunda kalsiyum karbonat katısının hidroklorik asit çözeltisi ile olan tepkimesini yapmaya karar verir. Öğretmeninin gözetimi altında kimya laboratuvarında aşağıdaki deney düzeneğini kurar ve laboratuvar kurallarına dikkat ederek deneyi gerçekleştirir.



Sıla, erlenmayerin içine HCl çözeltisi doldurur ve çözeltiye kalsiyum karbonat katısı ilave eder. Erlenmayerin ağzını tek delikli lastik tıpa ile kapatır. Erlenmayerin içinde aşağıdaki tepkime gerçekleşir.

$CaCO_3(k) + 2HCl(suda) \rightarrow CaCl_2(suda) + CO_2(g) + H_2O(s)$

Tepkime gerçekleşirken oluşan karbon dioksit gazı ters çevrilmiş dereceli silindir içine dolmaya başlar. Dereceli silindire dolan karbon dioksidin hacmini 10 dakika aralıkla ölçen Sıla aşağıdaki tabloyu elde eder:

Zaman (dakika)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Karbon Dioksidin Hacmi (cm^3)	0	19	33	44	50	54	56,5	58,5	59,5	60	60	60

1. Sıla, tepkime hızını nasıl belirlemiş olabilir?

2. Sıla'nın elde ettiği verilere göre oluşturduğu tabloyu kullanarak karbon dioksidin hacminin artmasını gösteren hacim-zaman grafiğini çiziniz.

Tepkime Hızlarının Ölçülmesi

Kimyasal tepkimelerin hızları, gözlenebilen ve ölçülebilen özelliklerden (renk, çökelti, elektrik iletkenliği, basınç, hacim, sıcaklık) yararlanılarak belirlenebilir. Aşağıda bu özelliklerden yararlanılarak hızları ölçülebilen tepkime örnekleri verilmiştir.

Renk Değişimi

$2N_2O_5(g) \longrightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$

Renksiz Kahverengi Renksiz

Tepkimenin hızı renk değişim süresi ile belirlenebilir.

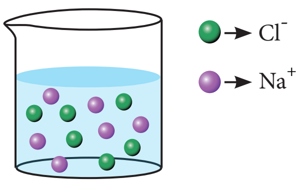
Çözünme–Çökelme Tepkimesi

$2KI(suda) + Pb(NO_3)_2(suda) \longrightarrow PbI_2(k) + 2KNO_3(suda)$

Sarı çökelek

Tepkimenin hızı sarı çökeleğin oluşum süresiyle belirlenebilir.

Elektrik İletkenliğinin Değişimi



$NaCl(k) \xrightarrow{H_2O} Na^+(suda) + Cl^-(suda)$

Elektrik iletkenliğinin oluşması ile belirlenebilir.

$Ca^{2+}(suda) + 2OH^-(suda) + CO_2(g) \longrightarrow CaCO_3(k) + H_2O(s)$

Elektrik iletkenliğinin kaybolması ile belirlenebilir.

Basınç-Hacim Değişimi

$2NH_3(g) \longrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$ (V, T sabit iken basınç artışı ile tepkime hızı ölçülür.)

$2NO(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NOCl(g)$ (V, T sabit iken basınç azalması ile tepkime hızı ölçülür.)

$H_2O(s) \longrightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ (P, T sabit iken hacim artışı ile tepkime hızı ölçülür.)

Isı Değişimi

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g) + ısı$

Tepkimedeki ısı değişimi ile belirlenebilir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tepkimelerin hızlarını ölçmek için hangi yöntemleri kullanmak uygun olur? Verilen boşluklara yazınız.

a) $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ ....
Renksiz sarı-yeşil renksiz

b) $CO_2(g) + H_2O(s) \rightarrow H^+(suda) + HCO_3^-(suda)$ ....

c) $2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$ ....

ç) $NaCl(suda) + AgNO_3(suda) \rightarrow AgCl(k) + NaNO_3(suda)$ ....

MADDE MİKTARI VE TEPKİME HIZI

Kimyasal tepkimenin hızı, girenlerin ve ürünlerin madde miktarındaki değişimin tepkimenin sonlanmasına kadar geçen zaman aralığına bölünmesiyle belirlenir. Tepkime hızı "r", "TH", "Hız" veya "v" ile gösterilebilir.

$$\text{Hız} = \frac{\text{Giren veya ürünlerin madde miktarındaki değişme}}{\text{Zaman aralığı}} = \frac{\text{Molar}}{\text{s}} = \frac{\text{M}}{\text{s}}$$

Madde miktarı = mol, hacim, kütle, molar derişim …

Zaman = saniye, dakika, saat, gün, ay, yıl …

Tepkime hızının hangi birim cinsinden hesaplanacağı önemlidir. Bu nedenle tepkimeye giren veya tepkime sonunda oluşan maddelerin fiziksel hâline göre madde miktarı mol, litre, gram, atmosfer cinsinden; süre ise saniye, dakika, saat, gün, ay, yıl vb. cinsinden hesaplanabilir. Tepkime süresince ürünlerdeki kimyasal türler oluşurken girenlerdeki kimyasal türler harcanır. Sonuç olarak tepkimenin ilerleyişi girenlerin derişimlerindeki azalma ya da ürünlerin derişimlerindeki artma olarak ifade edilir. Örneğin karbon dioksidin ayrışma tepkimesinde karbon dioksit moleküllerinin sayısında zamanla azalma, oksijen ve karbon monoksit gazı moleküllerinin sayısında ise artma görülür. Buna göre karbon dioksit moleküllerinin oksijen ve karbon monoksit gazına dönüşümündeki tepkime ve hız ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$2CO_2(g) \longrightarrow 2CO(g) + O_2(g)$$

Karbon dioksidin (CO_2) harcanma hızı

$$\text{Hız} = \frac{CO_2 \text{ derişimindeki değişim}}{\text{Zaman aralığı}} = \frac{-\Delta[CO_2]}{\Delta t}$$

Oksijenin (O_2) oluşma hızı

$$\text{Hız} = \frac{\text{Oksijenin derişimindeki değişim}}{\text{Zaman aralığı}} = \frac{+\Delta[O_2]}{\Delta t}$$

Karbon monoksidin (CO) oluşma hızı

$$\text{Hız} = \frac{\text{Karbon monoksidin derişimindeki değişim}}{\text{Zaman aralığı}} = \frac{+\Delta[CO]}{\Delta t}$$

Karbon dioksidin derişimi zamanla azaldığı için $\Delta[CO_2]$ negatif işaretli, oksijen ve karbon monoksit gazının derişimi de zamanla arttığı için $\Delta[O_2]$ ve $\Delta[CO]$ pozitif işaretlidir. Oksijen gazının oluşma hızı karbon dioksidin harcanma, karbon monoksidin oluşma hızının yarısıdır. Buna göre hız bağıntısı aşağıdaki gibidir.

$$2\text{Hız}_{O_2} = \text{Hız}_{CO_2} = \text{Hız}_{CO}$$

Bu eşitlik aşağıdaki denklemle de ifade edilebilir.

$$\frac{-\Delta[CO_2]}{2\Delta t} = \frac{+\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{+\Delta[CO]}{2\Delta t}$$

$2CO_2(g) \longrightarrow 2CO(g) + O_2(g)$ tepkimesinde girenlerin ve oluşan gaz hâldeki maddelerin mol sayıları eşit değildir. Sıcaklık ve hacim sabitken tepkimedeki basınç değişiminden yararlanılarak tepkimenin ne kadar sürede gerçekleştiği bulunabilir.

$2CO_2(g) \longrightarrow 2CO(g) + O_2(g)$

4 atm　　　　4atm　　2 atm

$P_{T(girenler)} = 4$ atm　$P_{T(ürünler)} = 6$ atm

Tepkimeye girenlerin basıncı, ürünlerin toplam basıncından küçüktür. Sıcaklık ve hacim sabitken tepkimede oluşan basınç değişimi tepkimenin hızı hakkında bilgi verir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 1 litrelik kapta $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ tepkimesi gerçekleşiyor. **Tepkimede dakikada 0,03 mol H_2 gazı harcandığına göre NH_3 gazının oluşum hızının kaç M/s olduğunu hesaplayınız.**

Çözüm

Tepkimeye göre 3 mol H_2 harcandığında 2 mol NH_3 oluşur.

0,03 mol H_2 harcandığında 0,02 mol NH_3 oluşur.

V = 1L

$$M = \frac{n}{V} = \frac{0{,}02}{1} = 0{,}02\ M$$

Δt = 1 dakika = 60 s

$$Hız = \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t}$$

$$Hız = \frac{0{,}02\ M}{60\ s} = \frac{0{,}001}{3} M/s$$

2. $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ tepkimesinde 3 dakikada normal şartlarda 11,2 L oksijen gazı oluştuğuna göre

a) NO_2 gazının oluşma hızı kaç L/dakikadır?

b) N_2O_5 gazının harcanma hızı kaç L/dakikadır?

Çözüm

$2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$

22,4 L　　44,8 L　　11,2 L

a) NO_2 gazının oluşma hızı

$$Hız = \frac{44{,}8\ L}{3\ dk}\ dır.$$

b) N_2O_5 gazının harcanma hızı

$$Hız = \frac{22{,}4\ L}{3\ dk}\ dır.$$

3. $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$ tepkimesi 3 saniyede tamamlanıyor. **Metan gazının yanma hızı 8 g/s olduğuna göre tepkimede kullanılan metan gazının miktarı kaç g'dır?**

Çözüm

$$Hız = \frac{Metan\ gazının\ harcanma\ miktarı\ (g)}{Zaman\ (s)}$$

$$8\ g/s = \frac{Metan\ gazının\ harcanma\ miktarı}{3\ s}$$　Metan gazının harcanma miktarı = 24 g

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$ tepkimesinde girenlerin harcanma ve ürünlerin oluşma hızlarını gösteren bağıntıyı yazınız.**

2. $2Fe^{3+}(suda) + Sn^{2+}(suda) \rightarrow 2Fe^{2+}(suda) + Sn^{4+}(suda)$ tepkimesinde Fe^{3+} iyonunun ortalama harcanma hızı 4.10^{-2} M/s'dir. **Buna göre 0,12 M Fe^{3+} kaç saniyede tepkimeye girmiştir?**

3. $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$ tepkimesinde 40 saniyede normal şartlar altında 22,4 L CO_2 gazı oluşmaktadır. **Buna göre normal şartlar altında CO gazının harcanma hızının kaç L/s olduğunu hesaplayınız.**

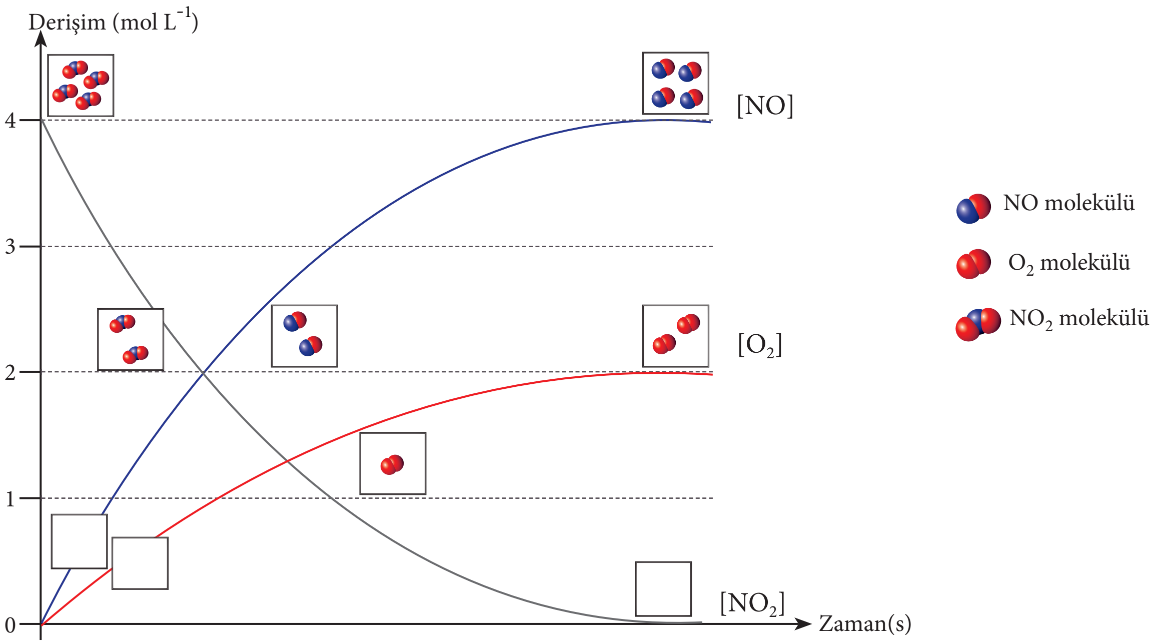
ORTALAMA TEPKİME HIZI

Hız, belirli zaman aralığında bir özellikteki değişim olarak tanımlanabilir. Örneğin motorsikletle gidilen bir yolda motorsikletin ortalama hızı bulunmak istenirse gidilen mesafe yolculuk için geçen zamana bölünür. Yolculuğun herhangi bir noktasındaki hızın ölçülmesi ise anlık hızı ifade eder. Kimyasal tepkimelerde de ortalama hızı hesaplamak mümkündür. Örneğin sütün mayalanarak yoğurda dönüşmesi için geçen süre yaklaşık üç saattir.

Sütün yoğurda dönüşmesindeki ortalama hız nasıl hesaplanabilir?

Süt yoğurda dönüşürken tepkimenin başında etkin çarpışma hızı fazla olduğu için tepkime hızlıdır. Tepkime devam ederken madde miktarı azalacağı için çarpışma sayısı, buna bağlı olarak da tepkimenin hızı azalır. Tepkimenin herhangi bir anında ölçülen hıza **anlık hız,** belirli bir zaman aralığındaki madde miktarı değişimine ise **ortalama tepkime hızı** denir. Tepkime hızının zamanla değişimi grafikle gösterilebilir. Örneğin azot dioksidin azot monoksit ve oksijen gazına dönüşüm tepkimesi ve grafiği aşağıda verilmiştir (Grafik 5.3).

$$2NO_2(g) \longrightarrow 2NO(g) + O_2(g)$$



***Grafik 5.3:** $2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$ tepkimesinde maddelerin zamanla derişimindeki değişiklik*

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Tepkime başlangıcında 6 M olan NO_2 gazı 3 dakikada harcanıyor. **Buna göre NO ve O_2 gazlarının oluşum hızı kaç M/s'dir?**

Çözüm

	$2NO_2(g) \rightarrow$	$2NO(g)$ +	$O_2(g)$
Başlangıç	6 M	-	-
Tepkime	-6 M	+6 M	+3 M

6 M NO ve 3 M O_2 gazı elde edildiğine göre 3 dakika = 180 s

$$\text{Hız} = \frac{+\Delta[NO]}{\Delta t} = \frac{6}{180} = \frac{1}{30} \text{ M/s'dir.}$$

$$\text{Hız} = \frac{+\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{3}{180} = \frac{1}{60} \text{ M/s'dir.}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $C_4H_8(g) \rightarrow 2C_2H_4(g)$ tepkimesinin C_4H_8 molekülünün derişimindeki değişim aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Zaman (s)	0	10	20	30	40
[C_4H_8] (M)	1	0,913	0,835	0,763	0,697

Tabloya göre

a) 0 ile 10 s arasındaki tepkimenin ortalama hızını bulunuz.

b) 20 ile 30 s arasındaki etenin (C_2H_4) oluşum hızını bulunuz.

HOMOJEN VE HETEROJEN FAZ TEPKİMELERİ

Kimyasal tepkimeler girenlerin ve ürünlerin fiziksel hâllerine göre homojen ve heterojen tepkimeler olarak sınıflandırılır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1: *Homojen ve Heterojen Faz Tepkimeleri*

Homojen Tepkimeler	Heterojen Tepkimeler
Tepkimede yer alan kimyasal türlerin hepsi aynı fazdadır.	Tepkimede yer alan kimyasal türler farklı fazdadır.
$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$	$Fe(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow FeO(k)$
$C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(g)$	$Ag(k) + 2HNO_3(suda) \rightarrow AgNO_3(suda) + NO_2(g) + H_2O(s)$
$CO(g) + Cl_2(g) \rightarrow COCl_2(g)$	$Fe(k) + Cu^{2+}(suda) \rightarrow Cu(k) + Fe^{2+}(suda)$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **$8H_2S(g) + 4O_2(g) \rightarrow 8H_2O(g) + S_8(g)$ tepkimesi ile ilgili verilen boşlukları doldurunuz.**

a) ………………………….. tepkimedir.

b) Tepkime oksijen ile gerçekleştiği için ………………………….. tepkimesidir.

c) Tepkime hızını ölçmek için ………………………….. değişiminden yararlanılır.

2. Aşağıdaki tepkimelerin homojen mi, heterojen mi olduklarını işaretleyerek homojen ya da heterojen olma nedenlerini yazınız.

Tepkimeler	Homojen	Heterojen	Nedeni
$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$			
$Fe(k) + 2HCl(suda) \rightarrow FeCl_2(suda) + H_2(g)$			
$CaCO_3(k) \rightarrow CaO(k) + CO_2(g)$			
$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$			

5.2. YORUM SİZDE Hamur ve Karbon dioksit

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Berk, poğaça yaparken 1 litrelik kap içinde unu, hamurun kabarması için 21 g kabartma tozunu ($NaHCO_3$) ve çıtır çıtır olması için de sirkeyi (CH_3COOH) karıştırır. Sirke ile kabartma tozunun tepkimeye girmesi sonucunda sodyum asetat, karbon dioksit gazı ve su oluşur. Karbon dioksit, hamur içinde kabarcıklar oluşturur ve poğaçaların kabarmasını sağlar. Kabartma tozu ve sirke arasındaki tepkime aşağıdaki gibidir.

$CH_3COOH\ (suda) + NaHCO_3(suda) \rightarrow CH_3COONa(suda) + H_2O(s) + CO_2(g)$

Berk'in poğaçasını hazırlama ve fırında pişirme süresi 40 dakikadır.

1. Etkin çarpışma hangi kimyasal türler arasında olmuştur?

2. Berk'in hazırladığı poğaçada oluşan CO_2 gazı normal koşullarda kaç litredir? ($NaHCO_3$: 84 g/mol)

3. CO_2 gazının oluşum hızını mol/dakika cinsinden bulunuz.

4. Sodyum bikarbonatın ($NaHCO_3$) harcanma hızını mol/dakika cinsinden bulunuz.

2. BÖLÜM

5.2. TEPKİME HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER



Neleri Bilmelisiniz?
- Tepkime hızını,
- Madde cinsi, derişim, sıcaklık ve temas yüzeyini,
- Tepkime türlerini bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?
- Tepkime hızına etki eden faktörleri açıklarken
  - a) Tek basamaklı tepkimelerde, her iki yöndeki tepkime hızının derişime bağlı ifadelerini verebilmeyi,
  - b) Çok basamaklı tepkimeler için hız belirleyici basamak üzerinde durabilmeyi,
  - c) Madde cinsi, derişim, sıcaklık, katalizör (enzimlere girilmeyecek) ve temas yüzeyinin tepkime hızına etkisi üzerinde durabilmeyi (Arrhenius bağıntısına girilmeyecektir.),
  - ç) Oktay Sinanoğlu'nun kısa biyografisini ve tepkime mekanizmaları üzerine yaptığı çalışmaları öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK
- **İstanbul'un Anadolu Yakası'ndan Avrupa Yakası'na geçen bir kişinin işe ulaşması kimyasal tepkime olarak düşünülürse tepkime hızını etkileyen faktörler neler olabilir?**

5.2.1. TEPKİME HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN AÇIKLANMASI

Gaziantep mutfağı, dört yüzden fazla yemek çeşidiyle Türkiye'nin en önemli gastronomi merkezlerinden biridir. Yemek kültürü açısından ön sıralarda olan kent birçok yerli ve yabancı turistin ilgisini çekmektedir. Bu kültürü yerinde görmek isteyen iki turist, gastronomi turu için İstanbul'dan Gaziantep'e gitmek ister. Gaziantep'e gitmek için farklı ulaşım araçları seçer. Turistlerden biri otobüsle Malatya'ya sonra da trenle Gaziantep'e varır. İkinci turist ise İstanbul'dan Gaziantep'e uçakla gider.

? Turistlerin İstanbul'dan Gaziantep'e giderken kullandıkları ulaşım tercihleri, sonucu nasıl etkiler?

TEK VE ÇOK BASAMAKLI TEPKİMELERDE HIZ

Turistlerin Gaziantep'e giderken kullandıkları ulaşım tercihleri kimyasal tepkimelerin tek veya çok basamakta gerçekleşmesine benzetilebilir. Tek basamakta oluşan kimyasal tepkimeler olduğu gibi birden fazla basamakta oluşan tepkimeler de vardır. Çok basamaklı tepkimelerde tepkime hızını belirleyen yavaş basamaktır. Tepkimeye giren maddelerin başlangıç derişimi de tepkime hızını belirler. Derişimin tepkime hızına etkisini gösteren matematiksel eşitliğe **hız denklemi (hız bağıntısı)** denir. Örneğin A ve B tepkimeye girdiğinde tepkimenin hız denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$aA(g) + bB(g) \longrightarrow cC(g) + dD(g)$$

Tek basamakta gerçekleşen tepkimeler için hız denklemi yazılırken tepkimeye giren maddelerin derişimleri çarpılır. Tepkimeye giren maddelerin önündeki katsayılar derişimlerin üzerine üs olarak yazılır. Hız denklemini yazmak için eşitlik, aşağıda görüldüğü gibi hız sabiti (k) ile çarpılır.

$$Hız = k[A]^a[B]^b$$

Hız sabitinin değeri (k) her tepkime için belli sıcaklıkta deneysel veriler sonucunda hesaplanan o tepkimeye özgü sabit bir değerdir.

Saf katı ve sıvılar hız denkleminde yer almaz.

Tepkimenin hız denkleminde bulunan derişim değerlerinin üstündeki sayıların toplamı tepkime derecesini (mertebesi) verir.

$aA(g) + bB(g) \longrightarrow cC(g) + dD(g)$

Tek basamakta gerçekleşen yukarıdaki tepkime için tepkime derecesi a + b'dir.

$CaCO_3(k) \longrightarrow CaO(k) + CO_2(g)$	Hız = k	Tepkimenin derecesi 0'dır.
$SO_2Cl_2(g) \longrightarrow SO_2(g) + Cl_2(g)$	Hız = $k[SO_2Cl_2]$	Tepkimenin derecesi 1'dir.
$NO_2(g) + CO(g) \longrightarrow NO(g) + CO_2(g)$	Hız = $k[NO_2][CO]$	Tepkimenin derecesi 2'dir.
$C_2H_2(g) + 2H_2(g) \longrightarrow C_2H_6(g)$	Hız = $k[C_2H_2][H_2]^2$	Tepkimenin derecesi 3'tür.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **$H_2O_2(suda) \rightarrow H_2O(s) + \frac{1}{2}O_2(g)$ tepkimesinde hidrojen peroksidin (H_2O_2) bozunma tepkimesi tek basamakta gerçekleşmektedir. Buna göre**

   a) Hız denklemini yazınız.

   b) Tepkime derecesini bulunuz.

   Çözüm

   a) Hız = k $[H_2O_2]$

   b) Tepkime birinci derecedendir.

2. **$N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ tepkimesi tek basamakta gerçekleşmektedir. Buna göre**

   a) Hız denklemini yazınız.

   b) Tepkime derecesini bulunuz.

   Çözüm

   a) Hız = k $[N_2][O_2]$

   b) Tepkime ikinci derecedendir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **Aşağıdaki tepkimeler tek basamakta gerçekleşmektedir. Buna göre tepkimelerin hız denklemlerini ve tepkime derecelerini bulunuz.**

   a) $MgCO_3(k) \rightarrow MgO(k) + CO_2(g)$

   b) $N_2O_5(g) \rightarrow 2NO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

   c) $H_2(g) + Br_2(g) \rightarrow 2HBr(g)$

Tepkimeye giren kimyasal tür üç veya üçten fazla ise etkin çarpışma olasılığı düşüktür. Böyle tepkimelerde tepkime tek basamakta gerçekleşmez. Birden fazla basamakta gerçekleşen tepkimelere **mekanizmalı (çok basamaklı) tepkimeler**, tepkimeyi meydana getiren basamakların toplamına ise **tepkime mekanizması** denir.

Mekanizmalı tepkimelerde yavaş basamak ve hızlı basamak (basamaklar) bulunur. Tepkimenin hızını yavaş basamak belirler ve hız denklemi yavaş basamağa göre yazılır. Yavaş basamağa **hız belirleyen basamak** denir.

Aşağıdaki tepkime mekanizmalı tepkimedir:

$2NO(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NOCl(g)$

Tepkime tek basamaklı olsaydı hız denklemi,

$Hız = k[NO]^2[Cl_2]$

şeklinde yazılırdı ancak bu tepkime birden fazla basamaktan oluşur. Tepkime basamakları aşağıdaki gibidir:

I. basamak: $NO(g) + Cl_2(g) \longrightarrow \cancel{NOCl_2}(g)$ (Yavaş)

II. basamak: $\cancel{NOCl_2}(g) + NO(g) \longrightarrow 2NOCl(g)$ (Hızlı)

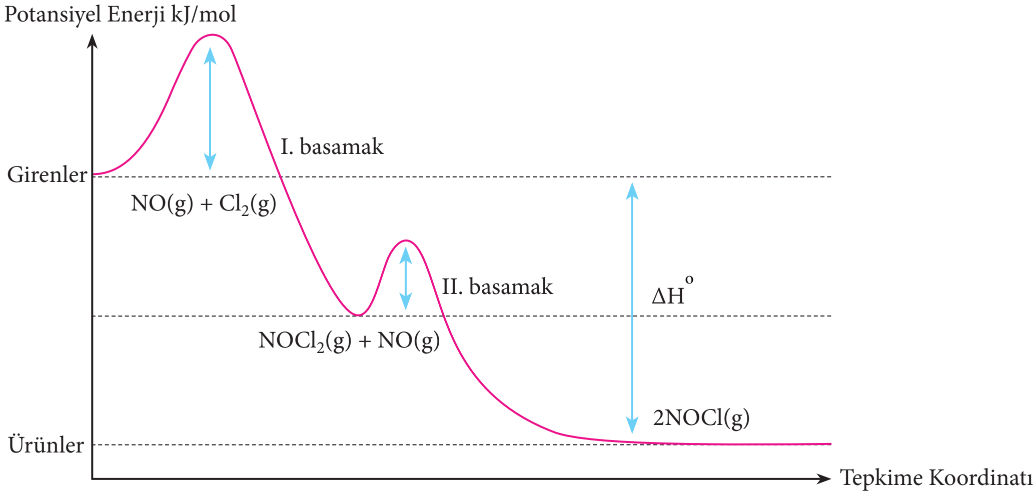
Net tepkime: $2NO(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2NOCl(g)$

Tepkime hızını belirleyen yavaş basamaktır. Tepkime hız denklemi aşağıdaki gibidir. Tepkimenin derecesi 2'dir.

$Hız = k[NO][Cl_2]$

Tepkimede $NOCl_2$ ara üründür. **Ara ürün**, tepkime mekanizmalarında bulunan ancak net tepkime denkleminde bulunmayan maddedir. Herhangi bir basamakta oluşan ara ürün sonraki basamakların birinde harcanır.

Ekzotermik tepkimeye ait potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği aşağıda verilmiştir (Grafik 5.4):



Grafik 5.4: *Mekanizmalı tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği*

Tepkime hızı, deney sonuçlarından yararlanılarak belirlenebilir. Örneğin, $F_2(g)$ ile $ClO_2(g)$ arasındaki tepkimenin tepkime denklemi ve deney sonuçları aşağıdaki gibidir:

$F_2(g) + ClO_2(g) \longrightarrow 2FClO_2(g)$

Deneyler	$[F_2]$ (mol/L)	$[ClO_2]$ (mol/L)	Başlangıç Hızı (mol/L.s)
1. deney	0,10	0,010	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$
2. deney	0,10	0,040	$4{,}8 \cdot 10^{-3}$
3. deney	0,20	0,010	$2{,}4 \cdot 10^{-3}$

Tepkimede üç deney yapılmıştır. 1 ve 3. deneyde ClO_2 derişimi sabit tutularak F_2 derişimi iki katına çıkarıldığında tepkime hızının da iki katına çıkması, hızın F_2 derişimi ile doğru orantılı olduğunu gösterir. Benzer şekilde 1 ve 2. deneyde F_2 derişimi sabit tutularak ClO_2 derişimi dört katına çıkarıldığında tepkime hızının da dört katına çıkması, hızın ClO_2 derişimi ile doğru orantılı olduğunu gösterir. Bu tepkime için hız ifadesi

$Hız = k[F_2][ClO_2]$

şeklinde yazılabilir. Üsler toplandığında (1 + 1 = 2) tepkimenin ikinci dereceden olduğu görülür. Hız sabiti herhangi bir deney verileri kullanılarak hesaplanabilir.

Tepkime için hız sabiti (k) ilk deney verileri kullanılarak hesaplanırsa

$$k = \frac{\text{Hız}}{[F_2][ClO_2]} = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-3}\ \text{mol/L} \cdot \text{s}}{0{,}10\ \text{mol/L} \cdot 0{,}010\ \text{mol/L}} = 1{,}2\ \text{L/mol} \cdot \text{s olur.}$$

Tek basamaklı tepkimelerde hız denkleminin yazılması

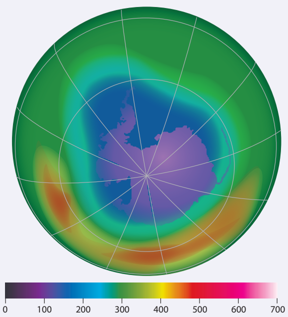
1. Tepkime denklemi yazılır.
2. Tepkimeye giren maddelerin derişim değişimlerinin hıza etkisi bulunur.
3. Hız sabiti ve derişim değerlerinin çarpımı hız denklemini verir.

Çok basamaklı tepkimelerde hız denkleminin yazılması

1. Tepkime denklemi ve tepkime basamakları yazılır.
2. Yavaş basamak belirlenir.
3. Tepkimeye giren maddelerin derişim değişimlerinin hıza etkisi bulunur.
4. Hız sabiti ve yavaş basamaktaki derişim değerlerinin çarpımı hız denklemini verir.

5.3. YORUM SİZDE Ozon Tabakası

Yönerge: Aşağıdaki görsel, metin ve tablodan yararlanarak soruları cevaplayınız.



Stratosferdeki ozon, Güneş'ten Dünya'ya gelen zararlı morötesi (UV) ışınları soğuran filtre işlevi görür. Bazı yapay kimyasallar, özellikle de kloroflorokarbonlar (CFC) ozonla tepkimeye girerek ozon katmanında delikler oluşturur. Bu delikler, cilt kanserini artıran morötesi ışığın Dünya'ya ulaşmasına neden olur. Kloroflorokarbonlar dışında sera gazları (karbon oksitler, azot oksitler, kükürt oksitler) da ozonla tepkimeye girer ve ozon tabakasını inceltir.

Antarktika üzerindeki atmosferik ozon derişiminin bir kaç yıldır kış aylarında azaldığı (görseldeki mor bölge) görülmektedir. Görseldeki haritada, azalan ozon derişimi mor alan olarak gösterilmektedir. Ozon derişimindeki azalmaya sebep olan ozon gazının azot monoksit ile birleşmesini gösteren tepkime aşağıdaki gibidir.

$$NO(g) + O_3(g) \longrightarrow NO_2(g) + O_2(g)$$

Tepkime laboratuvarda 25 °C'ta gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki hız verileri elde edilmiştir.

	[NO] (mol/L)	$[O_3]$ (mol/L)	Hız ($\Delta[NO_2]/\Delta t$) (mol/L.s)
1	$1{,}00 \cdot 10^{-6}$	$3{,}00 \cdot 10^{-6}$	$6{,}62 \cdot 10^{-5}$
2	$1{,}00 \cdot 10^{-6}$	$6{,}00 \cdot 10^{-6}$	$1{,}32 \cdot 10^{-4}$
3	$1{,}00 \cdot 10^{-6}$	$9{,}00 \cdot 10^{-6}$	$1{,}98 \cdot 10^{-4}$
4	$2{,}00 \cdot 10^{-6}$	$9{,}00 \cdot 10^{-6}$	$3{,}96 \cdot 10^{-4}$
5	$3{,}00 \cdot 10^{-6}$	$9{,}00 \cdot 10^{-6}$	$5{,}94 \cdot 10^{-4}$

1. **Tepkimenin hız denklemini yazınız.**
2. **Hız sabitini bulunuz.**
3. **Tepkimenin kaçıncı dereceden olduğunu yazınız.**
4. **Atmosferdeki ozon miktarını gösteren görseldeki mor alanın kırmızıya dönmesi için hangi önlemler alınmalıdır?**

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tabloda $2X(g) + Y(g) \rightarrow Z(g) + 2T(g)$ tepkimesi için sabit sıcaklıkta yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir.

Deney Numarası	Başlangıç Derişimi X (M)	Başlangıç Derişimi Y (M)	Tepkimenin Başlangıç Hızı (M/s)
1	0,1	0,1	$1,2.10^{-4}$
2	0,1	0,2	$4,8.10^{-4}$
3	0,2	0,1	$2,4.10^{-4}$

Verilen deneylerin sonuçlarına göre

a) Tepkimenin hız denklemini yazınız.

b) Tepkimenin derecesini bulunuz.

c) Tepkime tek basamakta mı, çok basamakta mı gerçekleşmiştir? Belirtiniz.

ç) Hız sabitini (k) bulunuz.

d) Hız sabitinin birimini bulunuz.

e) [X] = 0,2 M , [Y] = 0,2 M olduğunda tepkimenin başlangıç hızının kaç M/s olacağını bulunuz.

TEPKİME HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER (Madde Cinsi, Derişim, Sıcaklık, Katalizör ve Temas Yüzeyi)



***Görsel 5.3:** Havai fişekler*

Kimyasal tepkimelerin bazıları çok hızlı, bazıları da oldukça yavaş ilerler. Örneğin, havai fişek fırlatıldıktan sonra fişek içinde çok hızlı bir tepkime gerçekleşir (Görsel 5.3). Tepkime, barutun yanması ile başlar. Barutun yanması metal atomlarının kendilerine özgü renkleri yaymaları için gerekli olan ısıyı sağlar.

Bakır metali, korozyona karşı oldukça dirençlidir ancak havadaki nem (su buharı) ve karbon dioksitle yavaş da olsa tepkimeye girerek yeşil renkteki hidratlı bakır karbonatı oluşturur. Bu renk değişimini uzun süre temizlenmemiş bakır malzemelerin (süs eşyaları, çatı kaplamaları vb.) yüzeyinde görmek mümkündür.

Barutun yanması çok hızlı gerçekleşen bir tepkime iken bakırın nem (su buharı) ve karbon dioksitle tepkimeye girmesi neden çok yavaş gerçekleşir?

Bütün kimyasal tepkimelerin kendine özgü hızları vardır. Kimyasal tepkimelerin hızları tepkimedeki bazı faktörler değiştirilerek azaltılabilir veya artırılabilir. Tepkime hızını etkileyen faktörler **madde cinsi, derişim, sıcaklık, katalizör** ve **temas yüzeyi**dir.

1. Madde Cinsi

Bakır ve potasyum, metal olmalarına rağmen su ile tepkimeye girdiklerinde farklı davranır. Bakırın su ile tepkimesi çok yavaş olurken potasyum su ile şiddetli tepkime verir. Potasyumun su ile tepkimesi sonucunda ısı açığa çıkar. Oluşan hidrojen gazı, ısı nedeniyle tutuşur ve eflatun renkli bir alev oluşturur.

Aynı madde ile tepkimeye girmelerine karşın bakır ve potasyumun tepkime hızları neden birbirinden farklıdır?

Bakır ve potasyumun su ile tepkimelerinde olduğu gibi tepkimeye giren maddelerin cinsi tepkime hızını etkiler.

- Tepkimeler gerçekleşirken bağlar kopar ve yeni atom, iyon ya da moleküller oluşur. Yeni oluşumlar kendi aralarında tekrar bağlar oluşturur. Kopan veya oluşan bağ sayılarının fazla olması tepkimeyi yavaşlatır. Örneğin glikozun yanma tepkimesi kopan ve oluşan bağ sayısı fazla olduğundan etanın yanma tepkimesinden daha yavaştır.

  $C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(s)$ (hızlı)

  $C_6H_{12}O_6(k) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(s)$ (yavaş)

- Zıt yüklü iyonlar arasındaki tepkimeler ve iyon sayısı bire bir olan tepkimeler çok hızlıdır. İyon sayısı fazla olan tepkimeler ise yavaştır. Klorun iyon yükü -1 olduğundan iyon yükü +1 olan sodyumla tepkimesi, iyon yükü +3 olan alüminyumla tepkimesinden daha hızlı gerçekleşir.

  $Na^+(suda) + Cl^-(suda) \longrightarrow NaCl(k)$ (hızlı)

  $Al^{3+}(suda) + 3Cl^-(suda) \longrightarrow AlCl_3(k)$ (yavaş)

- Moleküller arası gerçekleşen tepkimeler zıt yüklü iyonların tepkimelerinden (iyon sayısı fazla olsa da) yavaştır.

  $H_2O_2(suda) + 2H^+(suda) + 2I^-(suda) \longrightarrow 2H_2O(s) + I_2(suda)$ (hızlı)

  $SO(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$ (yavaş)

- İyonik bağlı bileşiklerin sulu çözeltilerinin tepkimesi, katı hâllerindeki tepkimelerinden hızlıdır.

  $NaCl(suda) + AgNO_3(suda) \longrightarrow AgCl(k) + NaNO_3(suda)$ (hızlı)

  $NaCl(k) + AgNO_3(k) \longrightarrow AgCl(k) + NaNO_3(k)$ (yavaş)

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Aynı basınç ve sıcaklık altında gerçekleşen aşağıdaki tepkimelerin hızlarını karşılaştırınız.

a) $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(s)$

$C_9H_{20}(s) + 14O_2(g) \rightarrow 9CO_2(g) + 10H_2O(s)$

b) $2Na(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow Na_2O(k)$

$4Fe(k) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(k)$

c) $Ba^{2+}(suda) + SO_4^{2-}(suda) \rightarrow BaSO_4(k)$

$C(k) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$

ç) $BaCl_2(k) + Na_2SO_4(k) \rightarrow BaSO_4(k) + 2NaCl(suda)$

$BaCl_2(suda) + Na_2SO_4(suda) \rightarrow BaSO_4(k) + 2NaCl(suda)$

Çözüm

a) C_3H_8 gaz olduğu için daha hızlı tepkimeye girer.

b) Sodyumun yanma tepkimesi demirin yanma tepkimesine (paslanma) göre daha hızlıdır.

c) Baryum sülfatın oluşma tepkimesi daha hızlı gerçekleşir.

ç) Suda çözünmüş olarak gerçekleşen tepkimeler katı hâldeki tepkimelere göre daha hızlıdır.

2. Derişim

Çarpışma teorisine göre ne kadar çok kimyasal tür birbiriyle etkin çarpışırsa tepkime o kadar hızlıdır. Tepkimeye giren türlerin derişimleri arttıkça etkin çarpışma sayısı, aktifleşme enerjisini aşıp ürün oluşturan tanecik sayısı ve buna bağlı olarak da tepkime hızı artar.

5.1. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Derişimin Tepkime Hızına Etkisi

DENEYİN AMACI **Süre:** 40 dakika

Derişimin tepkime hızına etkisini gözleyebilme.

Yönerge: Deney basamaklarını takip ederek deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

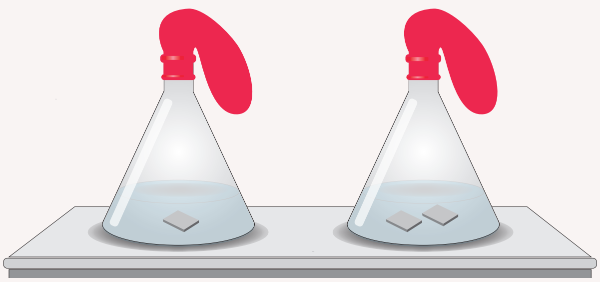
Araç Gereç: Eşit ağırlıkta (özdeş) 3 adet çinko (Zn) parçası, 2 adet 500 mL'lik erlenmayer, 2 adet özdeş elastik balon, 200 mL saf su, 40 mL derişik HCl.

DENEYİN BASAMAKLARI

1. Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız.
2. Erlenmayerlere 100 mL su doldurunuz. Erlenmayerlerin ikisine de 20 mL derişik HCl çözeltisi ilave ediniz.
3. Erlenmayerlerden birine bir, diğerine iki adet çinko parçası atıp erlenmayerlerin ağızlarına balon takınız.
4. Balonlardaki değişimi gözlemleyiniz. Gözlem sonuçlarını not ediniz.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Hangi erlenmayerdeki tepkimenin daha yavaş gerçekleştiğini tespit ediniz.
2. Çinko miktarı ile tepkime hızı arasındaki ilişkiyi açıklayınız.
3. Tepkimeyi ve tepkimenin hız denklemini yazınız.
4. Tepkime derecesini belirleyiniz.



HCl çözeltisi 1 adet Zn parçası — HCl çözeltisi 2 adet Zn parçası

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **Aşağıdaki tepkime ile ilgili soruları cevaplandırınız.**

$2Al(k) + 3H_2SO_4(suda) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(suda) + 3H_2(g)$

a) Tepkimeye ait hız denklemini yazınız.

b) Tepkime derecesini bulunuz.

c) Tepkimeye giren H_2SO_4 derişimi iki katına çıkarıldığında tepkime hızı nasıl değişir? Açıklayınız.

Çözüm

a) Hız = k $[H_2SO_4]^3$

b) Tepkimenin derecesi 3'tür

c) Tepkimenin hızı 2^3= 8'dir. Hız 8 kat artar.

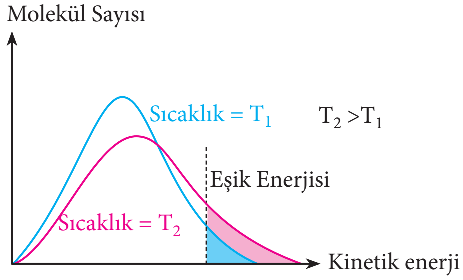
3. Sıcaklık



***Görsel 5.4:** Ateş böceği*

Sıcaklık, kimyasal tepkimelerin hızını etkileyen faktörlerden biridir. Örneğin ateş böceğinin yaydığı ışığın parlaklığı, karın bölgesinde meydana gelen tepkimelerde açığa çıkan ısıya göre değişir (Görsel 5.4). Her 10 °C'luk artış ışığın parlaklığını iki kat artırır.

Tepkimelerin gerçekleşebilmesi için taneciklerin yeterli kinetik enerjiye sahip olması gerekir. Taneciklerin kinetik enerjisi sıcaklık ile yükselir. Kinetik enerjinin sıcaklık ile yükselmesi, taneciklerin birbirleriyle çarpışmasını artırır. Eşik enerjisini aşan tanecik sayısı etkin çarpışma sayısını artırarak tepkimeyi hızlandırır. Grafik 5.5'te sıcaklık değişiminin kinetik enerjiye ve eşik enerjisini geçen molekül sayısına etkisi olduğu görülür.



***Grafik 5.5:** Sıcaklık değişimi ile eşik enerjisini geçen molekül sayısı*

4. Katalizör

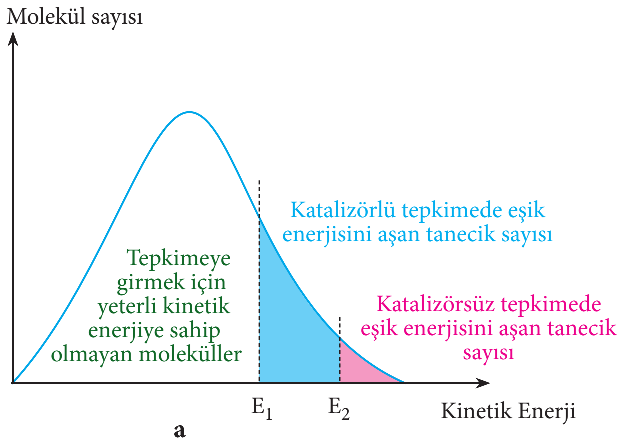
Tepkimeye giren, tepkime hızını artıran ve tepkime sonunda hiçbir değişikliğe uğramadan çıkan maddelere **katalizör** denir. Katalizörler aynı zamanda tepkimede alternatif yol oluşturarak tepkime hızını artırır. Sabit sıcaklıkta hızın artırılması istenen tepkimelerde genellikle katalizör kullanılır. Her tepkimede farklı katalizör tercih edilir. Katalizörler tepkime denklemindeki okun üzerinde gösterilir. Hidrojen peroksidin bozunma tepkimesinde iyodür iyonları katalizör görevi görür.

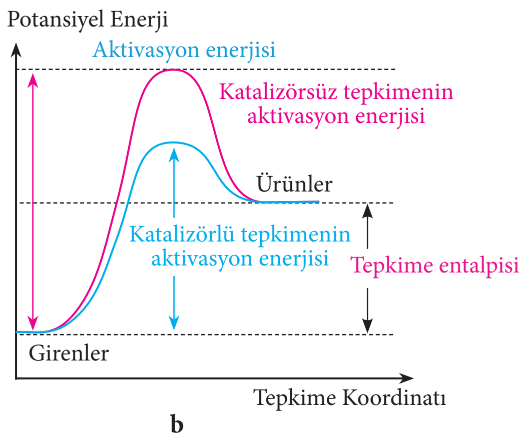
$2H_2O_2(suda) \xrightarrow{I^-} 2H_2O(s) + O_2(g)$ şeklindedir.

Katalizör, eşik enerjisini (Grafik 5.6 a.) ve aktivasyon enerjisini (Grafik 5.6 b.) düşürür.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Tepkimeyi hızlandıran maddelere **pozitif katalizör**, yavaşlatan maddelere **negatif katalizör (inhibitör)** adı verilir. Katalizörler giren maddelerin ve ürünlerin potansiyel enerjilerini ve entalpi değerlerini (ΔH) değiştirmez.





***Grafik 5.6:** Katalizörlü tepkimenin **a)** eşik enerjisini geçen molekül sayısına, **b)** aktivasyon enerjisine etkisi*

5. Temas Yüzeyi

Mermer, kalsiyum karbonattan oluşan bir maddedir. Mermer parçasına ve mermer tozuna asit döküldüğünde mermer tozunun asitle tepkimesinin daha hızlı olduğu görülür.

Mermer toz hâline getirildiğinde tepkime hızının artmasının nedeni ne olabilir?

Mermer parçasının üzerine asit döküldüğünde asit, mermerle tepkimeye girer ve tepkime sonucunda karbon dioksit gazı oluşur. Aynı miktarda mermer tozuna ve mermere eşit miktarlarda asit döküldüğünde oluşan toplam karbon dioksit miktarı değişmez ancak karbon dioksit gazının çıkış hızı artar.

BİLİYOR MUSUNUZ?

Girenlerin gaz olduğu tepkimelerde basıncın artırılması hacmin küçülmesine neden olur. Hacmin küçülmesi; gaz moleküllerinin birbirine yaklaşmasını, gaz molekülleri arasındaki etkileşimin artmasını sağlar. Bu durum etkin çarpışma sayısını ve tepkime hızını artırır.

5.4. YORUM SİZDE Tepkime Hızını Neler Etkiler?

Yönerge: Aşağıdaki metin ve tablodan yararlanarak soruları cevaplayınız.

Melisa; tepkime hızını etkileyen faktörleri arkadaşlarına daha iyi anlatabilmek için sofra tuzu, demlenmiş çay ve şeker kullanarak sınıf ortamında dört farklı karşılaştırma yaparak aşağıdaki tabloyu oluşturur.

	1. Bardaktaki Çayın Özellikleri	1. Bardaktaki Çözünen Maddenin Özellikleri	2. Bardaktaki Çayın Özellikleri	2. Bardaktaki Çözünen Maddenin Özellikleri	Tepkime Hızını Etkileyen Faktör
a)	Soğuk (20 °C ve 75 mL)	1 tane kesme şeker (5 g)	Sıcak (80 °C ve 75 mL)	1 tane kesme şeker (5 g)	
b)	Sıcak (80 °C ve 75 mL)	1 kaşık toz şeker (5 g)	Sıcak (80 °C ve 75 mL)	1 tane kesme şeker (5 g)	
c)	Soğuk (20 °C ve 75 mL)	1 tane kesme şeker (5 g)	Soğuk (20 °C ve 75 mL)	3 tane kesme şeker (15 g)	
ç)	Sıcak (80 °C ve 75 mL)	1 kaşık toz şeker (5 g)	Sıcak (80 °C ve 75 mL)	1 kaşık sofra tuzu (5 g)	

1. **Karşılaştırılan tepkimelerin hızını etkileyen faktörleri tablodaki boşluklara yazınız.**
2. **Tepkime hızını etkileyen faktörlerden hangisi tabloda verilmemiştir?**

3. **Tabloda bulunmayan ve tepkime hızını etkileyen faktöre örnek yazınız.**

OKUMA PARÇASI

OKTAY SİNANOĞLU (25 Şubat 1935-19 Nisan 2015)

25 Şubat 1935 tarihinde İtalya'nın Bari şehrinde doğan Oktay Sinanoğlu, dünyaca bilinen bir araştırmacı, kimyacı, moleküler biyofizikçi ve biyokimyacı olan Türk bilim insanıdır. "Türk Aynştaynı" olarak bilinen Sinanoğlu, burslu öğrenci olarak gittiği ABD California Üniversitesi Berkeley Kimya Mühendisliği Bölümünü birincilikle bitirdi (1956). Massachusetts (Masaçusets) Teknoloji Enstitüsünü (MIT) sekiz ayda tamamlayıp Yüksek Kimya Mühendisi unvanını ve Alfred Sloan Ödülü'nü aldı (1957). Mezun olduğu California (Kaliforniya) Üniversitesinde kuramsal kimya alanında doktora yaptı (1959). Ertesi yıl Yale Üniversitesinde öğretim üyesi olarak ders vermeye başladı. Atom ve moleküllerin çok elektronlu kuramını açıklayarak 1961'de doçent oldu. Yale Üniversitesinde görev yaparken 50 yıldır çözülemeyen bir matematik kuramını bilim dünyasına kazandırdı (1963). 28 yaşında profesör (full profesör) unvanına layık görüldü ve en genç profesör unvanına sahip oldu.

Oktay Sinanoğlu, 1964'ten itibaren Orta Doğu Teknik Üniversitesinde danışman öğretim üyesi olarak görev yaptı. 1966'da TÜBİTAK Bilim Ödülü'nü aldı. ABD Bilim Akademisine üye seçildi (1971). 1975 yılında Üniversitelerarası Kurulca ilk ve tek "Türkiye Cumhuriyeti Profesörü" ilan edildi. 1976 yılında Türkiye Cumhuriyeti özel elçisi olarak Japonya'ya gitti; Türk-Japon kültür, bilim ve eğitim ilişkilerinin temellerini attı. En önemli çalışmalarından biri, 1960'lı yıllarda çok elektronlu sistemler için geliştirdiği ve çalışmaları günümüzde de hâlen devam eden, moleküllerin elektronik yapısı ile ilgili bir teoridir. Prof. Dr. Oktay Sinanoğlu, çok elektronlu sistemlerde çözümü neredeyse imkânsız görülen Schrödinger denklemi ile ilgili doğru çıkarımlarda bulunmuştur. Schrödinger dalga denklemi tarafından açıklanamayan, çok elektronlu sistemlerin elektronik yapısı üzerine bir teori geliştirmiştir. Elektronların hareketinin birbiriyle ilişkili olduğunu ve birbirini etkilediğini, bu nedenle elektronların kendi orbitallerinde bağımsız hareket edemeyeceğini ifade etmiştir. Yale Üniversitesinde kimyasal tepkime mekanizmaları kuramı, atom ve moleküllerin çoklu elektron teorisi, mikro termodinamik, değerlik kabuğu etkileşim kuramı, çözgeniter kuramı gibi birçok çalışma gerçekleştirdi. Sinanoğlu İndirgemesi olarak bilinen kimyasal tepkimelerin mekanizmalarını açıklayan matematik teorilerine dayanan yöntemini 1988'de yayımladı.

Yale'deki görevinden emekliye ayrılınca (1993) Türkiye'ye dönüp 1994'ten 2002 yılına kadar Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde öğretim üyeliği yaptı.

Kimyacı, moleküler biyofizikçi ve biyokimyacı olan Oktay Sinanoğlu aynı zamanda pilot, yakın yol kaptanı, dansçı, hikâye anlatıcısı, yazar ve şairdir.

Yıldız Teknik Üniversitesindeki görevi sırasında Türkçenin sorunlarına eğildi. Türkçenin sorunları ile ilgili kitaplar yazdı, konferanslar verdi. Atatürk Kültür Merkezinde Bilim Kurulu Üyeliği görevinde bulundu (1995-2001). Sinanoğlu, İngilizcenin Türkçeyi etkisi altına almasına, İngilizceden dilimize çok sayıda kelime geçmesine karşı çıktı. Yabancı dil öğrenmenin bir ihtiyaç olduğunu ancak bunun için öğretimin tamamen yabancı dille yapılmasının gerekmediğini savundu. Türkçenin matematiksel yapısından dolayı yeterince zengin ve elverişli bir bilim dili olduğunu kanıtlamaya çalıştı.

Prof. Dr. Oktay Sinanoğlu, Türkiye dışındaki ülkelerce Nobel Bilim Ödülü'ne iki defa aday gösterildi. Portresi, Time ve Der Spiegel dergilerinin kapağına basıldı.

Oktay Sinanoğlu, 19 Nisan 2015'te Florida'da (Amerika Birleşik Devletleri) hayatını kaybetti.

Aldığı çok sayıdaki ödülden önemlileri şunlardır: 1966 TÜBİTAK Bilim Ödülü, 1973 Almanya A. von Humboldt Ödülü, 1973 Meksika Elena Moshinsky Bilim Ödülü, 1975 Japonya Uluslararası Seçkin Bilim Adamı Ödülü, 1992 Kültür Bakanlığı Bilgi Çağı Ödülü, 1995 İLESAM Üstün Hizmet Ödülü, 1995 TYB Yılın Fikir Adamı Ödülü, 2002 TÜRKSAV Türk Dünyasına Hizmet Ödülü.

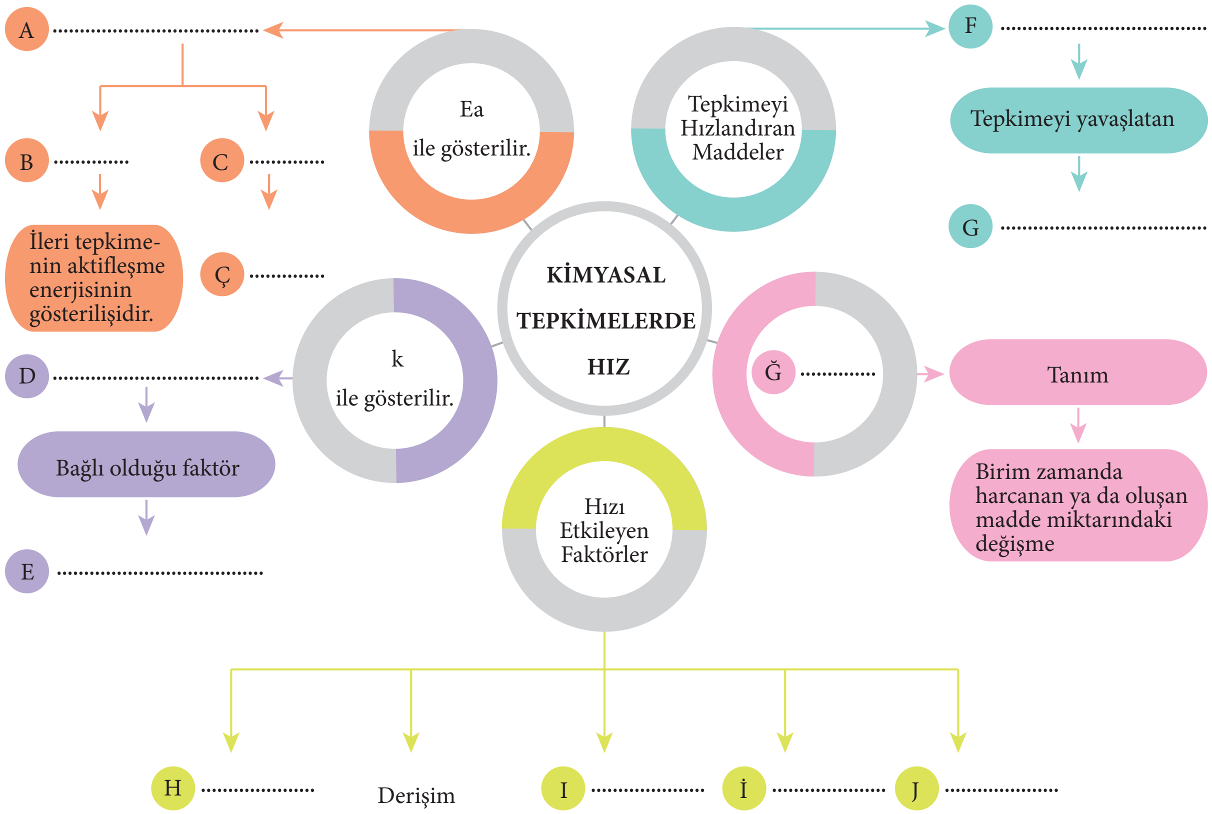
Moleküler biyoloji, kuantum mekaniği, kuramsal kimya, fiziksel kimya ve Türk dili alanındaki kitapları ilk yayım yılına göre şöyle sıralanabilir: Fiziksel Kimya Terimleri Sözlüğü (1978), Prof. Dr. Oktay Sinanoğlu ve Türkçe, Matematik+Bilim+Gönül (haz. M. Turgay Fişekçioğlu, 1997), Türkçe Eğitimin Önemi (2000), Bir Nev York Rüyası: Bye Bye Türkçe / Türkçe Giderse Türkiye Gider (2001), Açıklamalı Fizik Kimya Matematik Ana Terimleri Sözlüğü (2000).

Yazar tarafından düzenlenmiştir.

ÜNİTE SONU SORULARI

Kimyasal tepkimelerde hız ile ilgili aşağıdaki kavram haritasında yer alan boşlukları uygun sözcüklerle doldurunuz.

1.



Aşağıdaki açıklamaları ifadelerle eşleştirerek ayraç içine uygun harfi yazınız.

2.

Harf	Tepkime	Hız Ölçme Yöntemi
( )	I. $H_2(g) + Br_2(g) \rightarrow 2HBr(g)$ H_2 (renksiz), Br_2 (kırmızı kahverengi), HBr (renksiz)	a) Basınç azalması değişimi
( )	II. $KCl(k) + H_2O(s) \rightarrow K^+(suda) + Cl^-(suda)$	b) Renk değişimi
( )	III. $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$	c) Elektriksel iletkenlik değişimi
( )	IV. $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(s)$	ç) Çökelti oluşumu
		d) Isı değişimi

Aşağıdaki yargılar doğru ise ilgili yere "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz yargının karşısına nedenini yazınız.

3.

	Yargılar	D/Y	Nedeni
I.	Bir tepkimede girenlerin ve ürünlerin madde miktarlarındaki değişmenin zaman aralığına bölümü tepkime hızını verir.		
II.	Temas yüzeyi, sıcaklık, katalizör, madde cinsi ve derişim tepkime hızını etkileyen faktörlerdir.		
III.	Derişim, hız sabitini (k) etkileyen faktörlerdendir.		
IV.	Ekzotermik tepkimede sıcaklığın artırılması eşik enerjisini geçen tanecik sayısının artmasına neden olur.		
V.	Tepkimenin hız denklemindeki derişim değerlerinin üslerinin toplamı tepkime derecesini verir.		

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri verilen uygun sözcüklerle doldurunuz.

4. **eşik enerjisi, aktifleşmiş kompleks, temas yüzeyi, katalizör, inhibitör, kinetik enerji, madde cinsi, derişim**

Kimyasal tepkimelerin hızları farklı faktörlerle değişebilir. (a)………….. ……….… tepkime hızına etki eden faktörlerden biridir. Örneğin kopan ve oluşan bağ sayısı, zıt yüklü iyon sayısı, tepkimeye giren maddelerin katı hâlde veya suda çözünmüş olması tepkime hızını etkiler. Tepkimeye giren, tepkime hızını değiştiren ancak sonunda değişmeden çıkan maddelere (b)……………………..… denir. Bu maddelerden tepkimeyi yavaşlatanlar (c)……………………..… olarak adlandırılır. Tepkimeye giren taneciklerin (ç)………….. ……….… arttıkça taneciklerin çarpışma sayısı fazlalaşır ve tepkime hızının da arttığı görülür. Sıcaklık arttıkça maddelerin (d)………….. ……….… artar. (e)………….. ……….… oluşturacak ve (f)……….. …………..… geçen tanecik sayısı artar. (g)……………………..… de tepkime hızını etkileyen faktörlerden biridir. Örneğin 1 M madde ile 2 M maddenin tepkime hızına etkisi farklıdır.

Aşağıdaki açık uçlu soruların cevaplarını boş bırakılan alanlara yazınız.

5. $4NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2N_2O_5(g)$ tepkimesinde O_2 gazı 0,037 M/s hızla harcanmaktadır.

a) **Diazot pentaoksidin (N_2O_5) oluşum hızını M/s olarak bulunuz.**

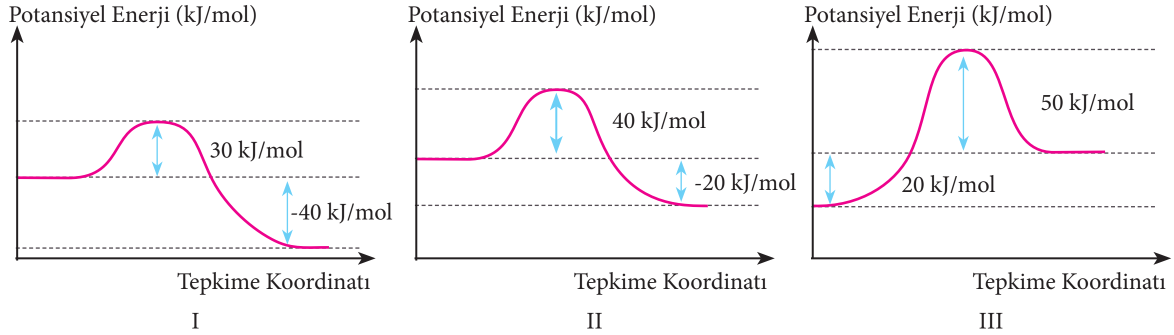
b) **Azot dioksidin (NO_2) harcanma hızını M/s olarak bulunuz.**

6. Aşağıdaki tepkimenin eşik enerjisi (E_a) 240 kJ/mol'dür.

$2N_2O(g) \rightarrow 2N_2(g) + O_2(g)$ $\Delta H^o = -164$ kJ/mol

Ters yöndeki tepkimenin E_i değeri nedir?

7. Aşağıda üç farklı tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği verilmiştir.



a) Tepkimelerin ΔH değerlerini bulunuz.

b) Tepkimelerin endotermik mi yoksa ekzotermik mi olduğunu gerekçesi ile açıklayınız.

8. 55 °C'ta $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ tepkimesi için girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin değerleri aşağıda verilmiştir.

Zaman (s)	0	100	200	300	400	500	600
N_2O_5 Derişimi	0,0200	0,0169	0,0142	0,0120	0,0101	0,0086	0,0072
NO_2 Derişimi	0	0,0063	0,0115	0,0160	0,0197	0,0229	0,0256
O_2 Derişimi	0	0,0016	0,0029	0,0040	0,0049	0,0057	0,0064

a) Oksijenin (O_2) 200-300 s zaman aralığındaki ortalama oluşma hızını bulunuz.

b) Diazot pentaoksidin (N_2O_5) 500-600 s zaman aralığındaki ortalama ayrışma hızını bulunuz.

9. K ve L gazları arasındaki tepkime tek basamaklıdır. Sabit sıcaklıkta K ve L gazlarının derişimleri iki katına çıkarıldığında tepkime hızı dört katına çıkıyor.

Verilen bilgilere göre tepkime denklemini yazınız.

10. Aşağıdaki bilgilere göre aynı şartlar altında gerçekleşen tepkimelerin hızlarını karşılaştırınız.

- Zıt yüklü iyonlar arasında gerçekleşen tepkimeler diğer tepkimelere göre daha hızlı gerçekleşir.
- Kopan ve oluşan bağ sayısı fazla olan (moleküller arasında gerçekleşen) tepkimeler daha yavaş gerçekleşir.

I. $K^+(suda) + Cl^-(suda) \rightarrow KCl(k)$

II. $C_2H_6(g) + 2O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g)$

III. $C_{21}H_{44}(k) + 32O_2(g) \rightarrow 21CO_2(g) + 22H_2O(g)$

11. Sabit basınç ve sıcaklıkta kapalı kapta oluşan $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ tepkimesine ait bazı deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Deney	Başlangıç Derişimi (mol/L) [NO]	Başlangıç Derişimi (mol/L) $[O_2]$	Başlangıç Hızı (mol/L.s)
1	0,001	0,01	1.10^{-8}
2	0,002	0,02	8.10^{-8}
3	0,002	0,01	4.10^{-8}

a) **Tepkimenin hız denklemini yazınız.**

b) **Tepkimenin tek basamaklı mı, çok basamaklı mı olduğunu belirleyiniz.**

c) **Hız sabitinin (k) birimini yazınız.**

ç) **NO gazının derişimi 0,05 M, O_2 gazının derişimi 0,01 M alınırsa tepkimenin başlangıç hızı kaç M/s olur?**

d) **Tablodaki verileri kullanarak tepkimenin derecesini bulunuz.**

12. 1,0 M 500 mL HCl sulu çözeltisinin içine 0,3 mol Fe metali atılıyor ve aşağıdaki tepkime tam verimle gerçekleşiyor, tepkime sonucunda H_2 gazı elde ediliyor.

$Fe(k) + 2HCl(suda) \rightarrow FeCl_2(suda) + H_2(g)$

Buna göre aşağıdaki ifadeleri anlamca tamamlayan "artar, azalır, değişmez" kelimelerinden hangisinin uygun olduğunu "✓" işaretiyle belirtiniz.

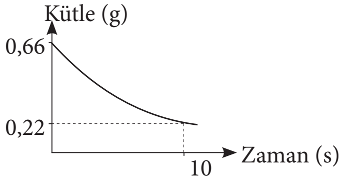
	İfadeler	Artar	Azalır	Değişmez
I.	Fe metalinin miktarı iki katına çıkarılırsa H_2 gazının miktarı			
II.	Fe metalinin miktarı yarıya indirilirse H_2 gazının miktarı			
III.	Fe metalinin miktarı ve hidrojen klorürün molaritesi artırılırsa H_2 gazının hem çıkış hızı hem de miktarı			
IV.	Fe metali daha küçük parçacıklar hâline getirilirse H_2 gazının birim zamandaki oluşum hızı			
V.	HCl çözeltisinin derişimi 0,5 M alınırsa H_2 gazının hem çıkış hızı hem de miktarı			
VI.	HCl çözeltisinin molaritesi 2 M yapılırsa H_2 gazının birim zamandaki oluşum hızı artarken miktarı			
VII.	Katalizör eklendiğinde H_2 gazının miktarı			
VIII.	Sıcaklık artırılırsa H_2 gazının miktarı			

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

13. Ürün oluşturan çarpışma için aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Yeterli enerjiye sahip olması gerekir.
B) İleri ve geri aktifleşme enerjileri eşit olmalıdır.
C) Etkin çarpışma olmalıdır.
D) Yeterli molekül sayısına sahip olması gerekir.
E) Uygun geometride çarpışması gerekir.

14. İçinde çözünmüş CO_2 gazı bulunan 2 L'lik gazoz şişesinin kapağı 10 s açık bekletiliyor. Çözünen karbon dioksit gazının kütle-zaman grafiği aşağıda verilmiştir.



Buna göre gazozdan ayrılan CO_2 gazının 10 s'deki ortalama çıkış hızı kaç mol/s'dir? (CO_2: 44 g/mol)

A) 5.10^{-3} B) 4.10^{-3} C) 3.10^{-3}
D) 2.10^{-3} E) 1.10^{-3}

15. Sabit sıcaklıkta 2 M 100 mL'lik H_2SO_4 sulu çözeltisi ile yeterli miktarda KOH katısı arasında aşağıdaki tepkime gerçekleşiyor.

$2KOH(k) + H_2SO_4(suda) \rightarrow K_2SO_4(suda) + 2H_2O(s)$

H_2SO_4 çözeltisinin derişimi 30 s içinde 0,2 molara (M) düştüğünde K_2SO_4 tuzunun ortalama oluşma hızı kaç mol/s'dir?

A) $8 \cdot 10^{-3}$ B) $6 . 10^{-3}$ C) $4 . 10^{-3}$
D) $2 . 10^{-3}$ E) $1 . 10^{-3}$

16. Aşağıdaki tepkimelerden hangileri homojen fazlı tepkime örneğidir?

I. $Fe(k) + 2HCl(suda) \rightarrow FeCl_2(suda) + H_2(g)$
II. $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$
III. $C_2H_6(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

17. 2 litrelik bir kapta 0,1 mol C(k) ile 0,2 mol $O_2(g)$ gazı tepkimeye girdiğinde $C(k) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ tepkimesi oluşuyor. Tepkime sabit sıcaklıkta tek basamakta gerçekleşiyor.

Tepkimenin başlangıç hızı $2 \cdot 10^{-2}$ mol/L.s olduğuna göre hız sabitinin (k) değeri aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) 0,2 B) 0,4 C) 0,5
D) 2 E) 4

18. Tek basamakta gerçekleşen aşağıdaki tepkimelerden hangisinin tepkime derecesi doğrudur?

A) $TH = k \cdot [H_2]$ Derecesi 2
B) $TH = k \cdot [HCl]^3$ Derecesi 1
C) $TH = k \cdot [C_2H_5Br]\,[OH^-]$ Derecesi 2
D) $TH = k$ Derecesi 1
E) $TH = k \cdot [O_2]$ Derecesi 2

19-22. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Yusuf Öğretmen, tepkime hızının ölçülmesi için deney düzeneğini hazırlayarak öğrencilerine gösteri deneyi yapar. Balon jojeye 1 litre derişik HCl çözeltisi doldurur ve çözeltinin içine 13 g çinko metali atar. Balon jojenin ağzını mantar tıpa ile kapatır, kronometreyi çalıştırır. Balon jojenin içinde aşağıdaki tepkime gerçekleşir:

$Zn(k) + 2HCl\,(suda) \rightarrow ZnCl_2\,(suda) + H_2(g)$

Tepkimede Zn tamamen harcanırken oluşan H_2 gazı kabarcıklar hâlinde balon jojeye hortumla bağlı olan kaba dolar. Yusuf Öğretmen, tepkime bitince kronometreyi durdurur. Tepkimenin gerçekleştiği sürenin 20 s olduğunu ölçer.

19. Yusuf Öğretmen'in yaptığı deneyle normal şartlarda kaç L H_2 gazı elde ettiğini bulunuz. (Zn: 65 g/mol)

20. **H_2 gazının oluşum hızını M/s cinsinden bulunuz.**

21. **$ZnCl_2$ oluşma hızını M/s cinsinden bulunuz.**

22. **Tepkimedeki girenlerin harcanma ve ürünlerin oluşma hızlarını gösteren bağıntıyı yazınız.**

23-28. soruları aşağıdaki tepkimelerden yararlanarak cevaplayınız.

I. $HCl(g) + O_2(g) \rightarrow HOOCl(g)$ (Yavaş)

II. $HOOCl(g) + HCl(g) \rightarrow 2HOCl(g)$ (Hızlı)

III. $HOCl(g) + HCl(g) \rightarrow H_2O(g) + Cl_2(g)$ (Hızlı)

23. **Tepkimenin hız denklemini yazınız.**

24. **Ara ürün nedir? Belirtiniz.**

25. **Tepkimenin derecesi nedir?**

26. **Yukarıda mekanizması verilen tepkimenin hız sabiti (k) hangi basamağa göre hesaplanır? Açıklayınız.**

27. **Net tepkime denklemini yazınız.**

28. **Tepkimenin gerçekleştiği kabın hacminin iki katına çıkarılması tepkime hızını nasıl etkiler? Açıklayınız.**

29-31. soruları aşağıdaki tablodan yararlanarak cevaplayınız.

Gaz hâlindeki hidrojen iyodürün ayrışma tepkimesi için 700 K'de tablodaki veriler elde edilir.

$2HI(g) \rightarrow H_2(g) + I_2(g)$

Zaman (s)	HI Derişimi (M)
0	$10 \cdot 10^{-3}$
1 000	$4,4 \cdot 10^{-3}$
2 000	$2,8 \cdot 10^{-3}$
3 000	$2,1 \cdot 10^{-3}$
4 000	$1,6 \cdot 10^{-3}$
5 000	$1,3 \cdot 10^{-3}$

29. **0-1000 s aralığındaki hidrojen iyodürün harcanma hızı kaç M/s'dir?**

30. **2000-3000 s aralığındaki hidrojen ve iyodürün oluşma hızı kaç M/s'dir?**

31. **Tabloya göre hidrojen iyodür derişiminin değişimini gösteren grafiği çiziniz.**

Bu ünite ile ilgili daha fazla soruya ulaşmak için karekodu okutunuz.

6. ÜNİTE

KİMYASAL TEPKİMELERDE DENGE



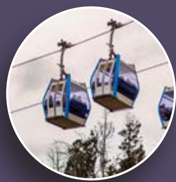
Ünite karekodu

Ünite sunum karekodu



BÖLÜMLER

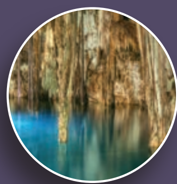
1. KİMYASAL DENGE



2. DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER



3. SULU ÇÖZELTİ DENGELERİ



ANAHTAR KAVRAMLAR

- Asit-Baz Çifti
- Asitlik/Bazlık Sabiti
- Brönsted-Lowry Asidi/Bazı
- Çökelme Tepkimesi
- Çözünürlük Çarpımı
- Denge Sabiti
- Eşdeğerlik Noktası
- İndikatör
- Kimyasal Denge
- Kuvvetli Asit/Baz
- Le Chatelier (Lö Şatöliye) İlkesi
- Oto-İyonizasyon
- pH/pOH
- Tampon Çözelti
- Titrasyon
- Zayıf Asit/Baz

1. BÖLÜM

6.1. KİMYASAL DENGE

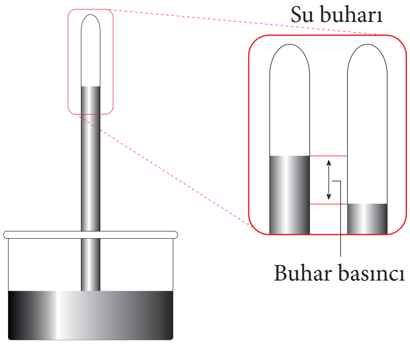


Neleri Bilmelisiniz?
- Fiziksel ve kimyasal değişimi,
- İleri tepkimeyi,
- Geri tepkimeyi,

Neleri Öğreneceksiniz?
- Fiziksel ve kimyasal değişimlerde dengeyi açıklarken
  - a) Maksimum düzensizlik ve minimum enerji eğilimleri üzerinden dengeyi açıklayabilmeyi,
  - b) İleri ve geri tepkime hızları üzerinden dengeyi açıklayabilmeyi,
  - c) Tersinir tepkimeler için derişim ve basınç cinsinden denge ifadelerini türeterek hesaplamalar yapabilmeyi,
  - ç) Farklı denge sabitleri arasında ilişki kurabilmeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK
- Eyüp Sultan Camii ve Külliyesi ile Pierre Loti (Piyer Loti) Tepesi arasında çalışan teleferikteki yolcu kabinleri aynı anda ve karşılıklı hareket etmektedir. Teleferiğin bu şekilde çalışmasının nedeni ne olabilir?

6.1.1. FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞİMLERDE DENGE

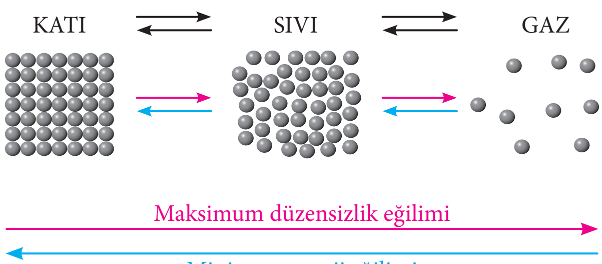


Görsel 6.1: *Cıvalı termometre*

Görsel 6.1'de deniz seviyesinde uygulanan cıvalı termometre deneyi görülmektedir. Tüp içindeki cıva, deniz seviyesindeki atmosfer basıncı nedeniyle 76 cm yükselir. Cıvaya bir miktar su enjekte edildiği düşünülürse cıva üzerine enjekte edilen suyun bir kısmı buhar oluşturacaktır. Oluşan buhar basıncının cıvayı birkaç mm aşağı iteceği tahmin edilir.

? Sabit sıcaklıkta cıvanın üzerindeki boşluğa bir miktar daha su ilave edildiğinde suyun buhar basıncı nasıl değişir?

Doğada gerçekleşen fiziksel ve kimyasal olaylarda minumum enerji, maksimum düzensizlik eğilimi vardır. Şelaleden akan su, buharlaşan suyun yoğuşması, sıcak cisimden soğuk cisme ısı akışı minumum enerji eğilimine; suyun buharlaşması, buzun erimesi, tuzun suda çözünmesi maksimum düzensizlik eğilimine örnek verilebilir.



Görsel 6.2: *Maddelerin fiziksel hâllerindeki maksimum düzensizlik-minimum enerji değişimi*

Maddeler katıdan sıvı ya da gaza geçerken maksimum düzensizlik, gazdan sıvı ya da katıya geçerken minumum enerji eğilimi gösterir (Görsel 6.2).

Maddelerin hâl değiştirmesi fiziksel değişimdir. Fiziksel değişimde maksimum düzensizlik, minimum enerji eğilimleri uzlaştığında fiziksel dengeden söz edilebilir. Maddenin fiziksel hâlinin zamanla değişmediği denge durumu da **fiziksel denge**yi oluşturur.

6.1. YORUM SİZDE Fiziksel Denge

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Mert, fiziksel dengeyi açıklayabilmek için deney düzeneği hazırlar. Bunun için iki kap içine aynı miktarda su doldurur. Su seviyelerini kalemle işaretledikten sonra kaplardan birinin ağzını kapatır. Bir hafta sonra ağzı açık kaptaki suyun bitmek üzere olduğunu, kapalı kaptaki suyun ise bir miktar azaldığını görür. Ertesi gün açık kaptaki suyun tamamen bittiğini, kapalı kaptaki su miktarının ise sabit kaldığını gözlemler.

Buna göre

1. **Mert'in yaptığı deneyde kaplardaki su miktarlarının aynı oranda azalmamasının nedeni ne olabilir?**

2. **Mert'in yaptığı deneyde kapalı kaptaki su miktarının bir süre sonra sabit kalması nasıl açıklanabilir?**

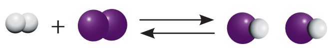
3. Mert yaptığı deney sonucunda iki kap içindeki azalan su miktarı-zaman grafiğini çizer. **Mert nasıl bir grafik çizmiş olabilir?**

Gözlenebilen değişiklikler denge hâlindeyken durmuş gibi görünse de gözlenemeyen değişiklikler devam ettiği için denge **dinamik**tir. Kapalı kaptaki su miktarının bir süre sonra sabit kalması dengenin dinamik olduğunu gösterir. Dinamik denge, kayak merkezinde teleferikle tepeye taşınan kayakçı sayısı ile tepeden aşağı inen kayakçı sayısının eşit olmasına benzetilebilir.

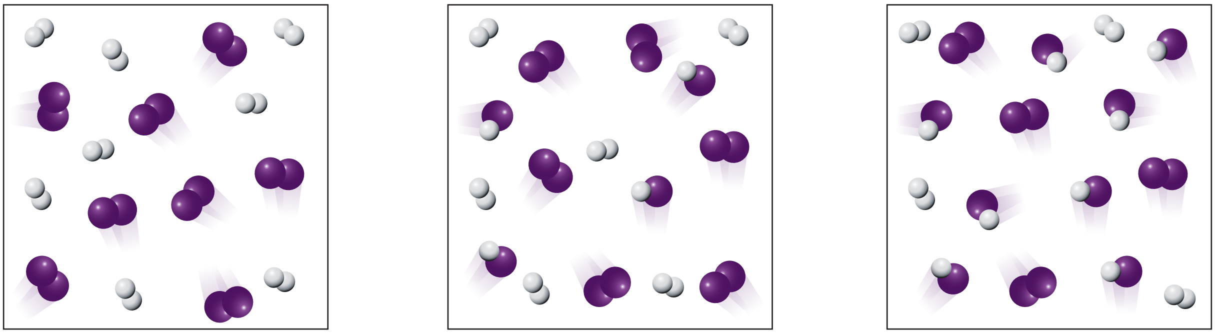
Fiziksel değişimlerde olduğu gibi kimyasal değişimlerde de denge vardır. Örneğin,

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ tepkimesi kapalı bir sistemde gerçekleştiğinde hidrojen (H_2) ve iyodun (I_2) tepkimeye girerek HI molekülünü oluşturması ileri yönde tepkimeyi, HI molekülünün yeniden H_2 ve I_2 molekülleri oluşturması ise geri yönde tepkimeyi gösterir. İleri ve geri yönde gerçekleşen tepkimelere **tersinir tepkime** denir. Tersinir tepkime çift yönlü ok ($\rightleftharpoons$) ile gösterilir.

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ tepkimesinin gerçekleşmesi için H_2 ve I_2 molekülleri tepkimeye girer (Görsel 6.3.a). H_2 ve I_2 molekülleri HI moleküllerini oluştururken H_2 ve I_2 derişimi zamanla azalır, HI moleküllerinin derişimi artar (Görsel 6.3.b). Buna bağlı olarak da ileri tepkimenin hızı azalır. HI moleküllerinin derişimi arttıkça geri tepkime hızlanır. Bir süre sonra ileri tepkimenin hızı ile geri tepkimenin hızı eşitlenir ve tepkime dengeye ulaşır (Görsel 6.3.c).



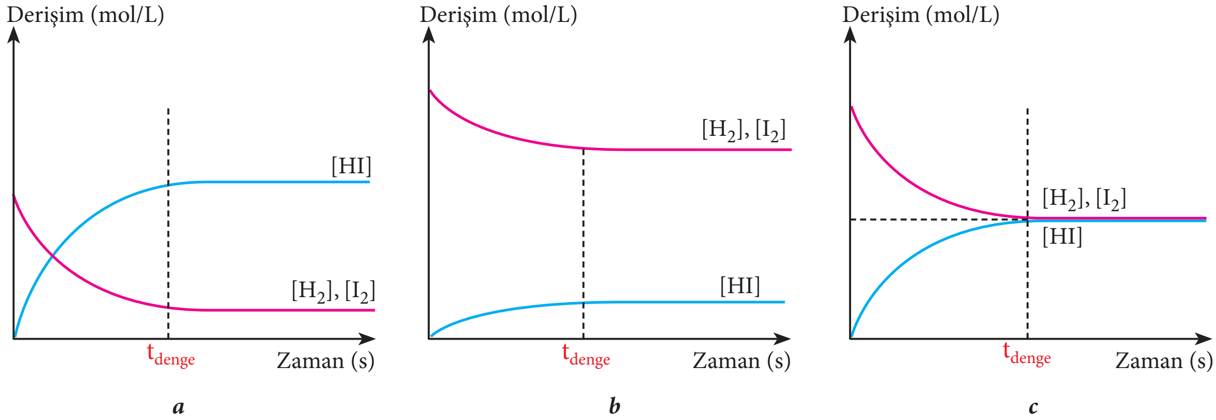
$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$



a b c

Görsel 6.3: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ *tepkimesinin* ***a)*** *başlangıç durumu,* ***b)*** *HI oluşumu,* ***c)*** *dinamik dengeye ulaşması*

Tepkime dengeye ulaştığında H_2, I_2 ve HI moleküllerinin derişimleri sabit kalır. Bazı tepkimelerde tepkimeye girenlerin büyük kısmı ürüne dönüştüğünde (Grafik 6.1.a), bazılarında ise küçük bir kısmı ürüne dönüştüğünde tepkime dengeye ulaşır (Grafik 6.1.b). Bazı tepkimelerde de dengeye ulaştıktan sonra girenlerin ve ürünlerin derişimi eşittir (Grafik 6.1.c). Bu durum tepkimeye bağlıdır.



Grafik 6.1: *H_2, I_2 ve HI derişimlerinin zamanla değişimi **a)** Tepkimeye girenlerin büyük kısmı ürüne dönüştüğünde dengeye ulaşması, **b)** Tepkimeye girenlerin küçük bir kısmı ürüne dönüştüğünde dengeye ulaşması, **c)** Dengeden sonra tüm maddelerin derişimlerinin sabitlenmesi*

Kimyasal tepkimelerde ileri tepkime ile geri tepkimenin oluşma hızının eşit olması tepkimenin dengede olduğunu ve **kimyasal dengenin** kurulduğunu gösterir. Dengeye ulaştıktan sonra tepkimeye girenlerin ve ürünlerin derişimi de sabit kalır. Dengeden söz edebilmek için tepkimelerin tersinir, sıcaklığın sabit, sistemin kapalı olması gerekir.

DENGE SABİTİ

Kandaki şeker miktarının dengelenmesini insülin ve glukagon hormonları sağlar. Pankreastan salgılanan insülin hormonu, kandaki şekeri karaciğerde glikojen olarak depolayarak kan şekerini düşürür. Pankreastan salgılanan glukagon hormonu ise kas ve karaciğerde depolanan glikojenin gerektiğinde kana geçmesini sağlar.

İnsülin ve glukagon hormonunun eksik veya fazla salgılanması kandaki şeker miktarını nasıl etkiler?

Vücudun dengesini ve uyumunu koruması için salgılanan hormonların derişimlerinin belirli değerlerde olması gerekir. Vücut dengesinde olduğu gibi kimyasal tepkimelerde ileri ve geri tepkimenin hızlarının eşit olması tepkimedeki dengenin kurulmasını sağlar. Girenlerin ve ürünlerin dengedeki bağıl derişimleri **denge sabiti (K)** adı verilen nicelikle değerlendirilir. Bir kimyasal tepkimede denge sabiti, ürünlerin derişimleri çarpımlarının girenlerin derişimleri çarpımına oranıdır. Denge sabiti yazılırken kimyasal türlerin önündeki katsayılar da kimyasal türlere ait derişimlerin üzerine üs olarak yazılır.

$$aA_{(g)} + bB_{(g)} \underset{\nu_g}{\overset{\nu_i}{\rightleftarrows}} cC_{(g)} + dD_{(g)}$$

Sabit sıcaklıkta ileri tepkimenin hız sabiti (k_i), geri tepkimenin hız sabiti (k_g) dir.

İleri tepkime ve geri tepkime hızları da aşağıdaki gibi gösterilir.

İleri tepkime hızı: $(\nu_i) = k_i[A]^a[B]^b$

Geri tepkime hızı: $(\nu_g) = k_g[C]^c[D]^d$

Tepkime dengeye ulaştığında ileri ve geri tepkime hızları eşitlenir.

$\nu_i = \nu_g$

$k_i[A]^a[B]^b = k_g[C]^c[D]^d$

Derişimler ve hız sabitleri oranlandığında aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$\frac{k_i}{k_g} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

Sabit sıcaklıkta $\frac{k_i}{k_g}$ oranı sabit bir değerdir. Bu değer derişimler cinsinden denge sabiti olarak ifade edilir. Denge sabiti "K_c" ile gösterilir.

$aA(g) + bB(g) \underset{v_g}{\overset{v_i}{\rightleftharpoons}} cC(g) + dD(g)$ tepkimesinin derişimler cinsinden ifade edilen denge sabiti aşağıdaki gibi yazılır:

$$\mathbf{K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}}$$

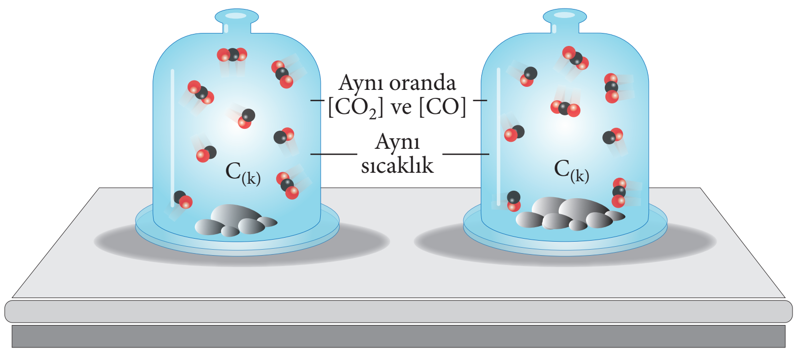
Homojen–Heterojen Denge

Tepkimeye katılan, giren ve tepkimede oluşan kimyasal türler aynı veya farklı fazda olabilir. Tepkimeye katılan ve tepkimede oluşan kimyasal türler aynı fazda ise oluşan dengeye **homojen denge** denir. Aşağıda homojen bir tepkime ve tepkimenin denge bağıntısı verilmiştir.

Homojen tepkime: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

Tepkimenin denge bağıntısı: $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$

Kimyasal tepkimede tepkimeye girenlerin ve ürünlerin fazları saf katı, sıvı veya gaz olabilir. Denge bağıntısında saf katılar ve sıvılar yer almaz çünkü katı ve sıvıların derişimi değişmez. Görsel 6.4'te de görüldüğü gibi aynı sıcaklıkta C(k) katısının miktarının artırılması dengeyi etkilemez.



***Görsel 6.4:** $2CO(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + C(k)$ tepkimesinde C(k) miktarının artırılmasının dengeye etkisi*

Tepkimeye katılan kimyasal türler katı, sıvı, gaz gibi farklı fazlarda ise oluşan dengeye **heterojen denge** denir. Aşağıda heterojen bir tepkime ve tepkimenin denge bağıntısı verilmiştir.

Heterojen tepkime: $2CO(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + C(k)$

Tepkimenin denge bağıntısı: $K_c = \frac{[CO_2]}{[CO]^2}$

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Aşağıdaki tepkimelerin denge bağıntılarını yazınız.

a) $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

b) $HF(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + F^-(suda)$

Çözüm

a) Tepkimedeki kimyasal türler gaz fazında olduğu için tüm derişimler denge bağıntısında yer alır.

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}$$

b) Tepkimedeki kimyasal türler farklı fazdadır. Sıvı fazdaki H_2O denge bağıntısında yer almaz.

$$K_c = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]}$$

2. $2HCl(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Cl_2(g)$ **tepkimesinin belirli bir sıcaklıktaki denge derişimleri HCl, H_2 ve Cl_2 gazının her biri için 0,2 M olduğuna göre tepkimenin aynı sıcaklıktaki K_c değerini hesaplayınız.**

Çözüm

Tepkimenin denge bağıntısı yazılır. Ürünlerin ve giren kimyasal türlerin derişim değerleri yerlerine yazılarak K_c değeri hesaplanır.

$$K_c = \frac{[H_2][Cl_2]}{[HCl]^2} = \frac{[0,2][0,2]}{[0,2]^2}$$

$K_c = 1$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tepkimelerin denge bağıntılarını yazınız.

a) $CH_3COOH(suda) + C_2H_5OH(suda) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5(suda) + H_2O(s)$

b) $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$

2. $H_2(g) + F_2(g) \rightleftharpoons 2HF(g)$ tepkimesinin 500 °C'taki denge sabiti değeri 4'tür. **HF gazının denge derişimi $4 \cdot 10^{-2}$ M olduğuna göre H_2 ve F_2 gazının dengedeki derişimlerini bulunuz.**

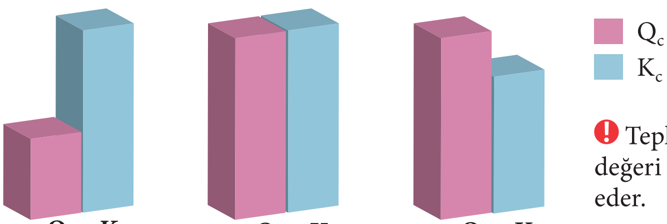
Tepkimenin Yönü

Tepkime gerçekleşirken tepkimenin herhangi bir anında ölçülen derişimler denge bağıntısına yazıldığında elde edilen değer **denge kesri**dir. Denge kesri "Q_c"ile gösterilir. Denge sabiti (K_c) ve denge kesri (Q_c) karşılaştırılarak tepkimenin hangi yönde ilerleyeceği belirlenebilir.

$Q_c = K_c$ ise tepkime dengededir.

$Q_c < K_c$ ise tepkimenin dengeye ulaşabilmesi için tepkime ürünler yönünde gerçekleşmelidir.

$Q_c > K_c$ ise tepkimenin dengeye ulaşabilmesi için tepkime girenler yönünde gerçekleşmelidir.



$Q_c < K_c$ — Girenler ⟶ Ürünler — Denge tepkimesi ürünlere doğru gerçekleşir.

$Q_c = K_c$ — Dengede

$Q_c > K_c$ — Girenler ⟵ Ürünler — Denge tepkimesi girenlere doğru gerçekleşir.

❗ Tepkimenin dengeye doğru gerçekleşmesi için Q_c değeri K_c değerine eşitleninceye kadar tepkime devam eder.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 25 °C sıcaklıkta 1 litrelik kapta $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2\,HBr(g)$ tepkimesi gerçekleşiyor. Tepkimenin 25 °C'taki denge sabiti 64'tür. Aynı sıcaklıkta kaba 0,2 mol H_2, 0,2 mol Br_2 ve 0,8 mol HBr gazı konuyor.

   Buna göre tepkimenin denge kesrini bularak tepkimenin hangi yönde gerçekleştiğini belirtiniz.

   Çözüm

   Tepkimenin denge kesri hesaplanarak verilen denge sabiti ile karşılaştırılır. Hacim, 1 L verildiği için verilen mol sayıları molar derişime eşit olur.

   $$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$$

   Ortamdaki derişimler: 0,2 M   0,2M   0,8 M

   $$Q_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} = \frac{(0,8)^2}{(0,2)\cdot(0,2)}$$

   $Q_c = 16$

   $K_c = 64$

   $Q_c < K_c$ olduğu için tepkime dengede değildir.

   Tepkimenin dengeye ulaşabilmesi için tepkime ürünler yönünde gerçekleşmelidir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 500 °C'ta 1 litrelik kapta $2HI(g) \rightleftharpoons I_2(g) + H_2(g)$ tepkimesi gerçekleşiyor. Tepkimenin denge sabiti 500 °C'ta 1/4'tür. Kaba aynı sıcaklıkta 0,4 mol H_2, 0,8 mol I_2 ve 0,4 mol HI gazı konuyor.

   Buna göre tepkimenin denge kesrini hesaplayarak tepkimenin hangi yönde gerçekleştiğini belirtiniz.

Kısmi Basınçlarla İfade Edilen Denge Bağıntısı

Tepkimeye girenlerin ve tepkimede oluşan ürünlerin gaz fazda olduğu tepkimelerde derişimler kısmi basınç cinsinden ifade edilebilir.

$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ denge tepkimesinin denge sabiti kısmi basınç cinsinden ifade edilirse eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\mathbf{K_p = \frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b}}$$

P_A: A gazının kısmi basıncı

P_B: B gazının kısmi basıncı

P_C: C gazının kısmi basıncı

P_D: D gazının kısmi basıncı

Kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti yazılırken kimyasal türlerin önündeki katsayılar da kimyasal türlere ait kısmi basınç ifadelerinin üzerine üs olarak yazılır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **Aşağıdaki tepkimenin kısmi basınçlar cinsinden denge bağıntısını yazınız.**

   $$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

   Çözüm

   $$K_p = \frac{P_{CO_2} P_{H_2O}^2}{P_{CH_4} P_{O_2}^2}$$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tepkimenin kısmi basınçlar cinsinden denge bağıntısını yazınız.

$4NO(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2O_5(g)$

K_p VE K_c İLİŞKİSİ

Kimyasal tepkimelerde tepkimeye girenlerin ve ürünlerin kısmi basınçları doğrudan mol/L derişimlerine eşit olmadığı için K_p değeri de K_c değerine eşit olmaz ancak K_p ve K_c arasında basit bir bağıntı türetilebilir. Gaz fazında gerçekleşen aşağıdaki tepkime dikkate alındığında

$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ denge sabiti K_c

$\mathbf{K_c} = \dfrac{[\mathbf{C}]^c[\mathbf{D}]^d}{[\mathbf{A}]^a[\mathbf{B}]^b}$ şeklinde, K_p ifadesi de aşağıdaki gibi yazılmalıdır.

$$\mathbf{K_p} = \frac{\mathbf{P_C^c P_D^d}}{\mathbf{P_A^a P_B^b}}$$

Eşitlikteki P_A, P_B, P_C, P_D; A, B, C ve D gazlarının kısmi basınçları olup bu gazların ideal davrandığı varsayılarak A gazı için

$P_AV = n_ART$'dir.

$$P_A = \frac{n_A RT}{V}$$

A gazının derişimi $[A] = \dfrac{n_A}{V}$ şeklinde yazılıp yerine konursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$P_A = [A]RT$

Diğer gazlar için de benzer eşitlikler yazılabilir.

$P_B = [B]RT$ $\quad$ $P_C = [C]RT$ $\quad$ $P_D = [D]RT$

Bulunan değerler K_p bağıntısında yerine yazıldığında

$$K_p = \frac{(P_C)^c(P_D)^d}{(P_A)^a(P_B)^b} \qquad K_p = \frac{([C]RT)^c([D]RT)^d}{([A]RT)^a([B]RT)^b}$$

$$K_p = \frac{[C]^c[D]^d(RT)^{c+d}}{[A]^a[B]^b(RT)^{a+b}}$$

$$K_p = K_c(RT)^{[(c+d)-(a+b)]}$$

$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$ bağıntısı elde edilir.

Δn = Ürünlerin toplam mol sayısı - Girenlerin toplam mol sayısı (Saf katı ve sıvıların mol sayısı alınmaz.)

$\Delta n = n_{ürünler} - n_{girenler}$ $\qquad$ $\Delta n = [(c+d)-(a+b)]$ $\qquad$ $R \cong 0{,}0821$ L atm mol^{-1} K^{-1}

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$ **tepkimesinde K_p ve K_c arasındaki bağıntıyı yazınız.**

Çözüm

Δn = Ürünlerin toplam mol sayısı - Girenlerin toplam mol sayısı

$\Delta n = 4-2 = 2$ $\qquad$ $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

$K_p = K_c(RT)^2$ dir.

DENGE SABİTİ HESAPLAMALARI

Denge sabiti ile ilgili hesaplama örnekleri aşağıda verilmiştir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $NO_2(g) + SO_2(g) \rightleftharpoons NO(g) + SO_3(g)$ tepkimesi belirli sıcaklıkta 2 litrelik bir kaba 4 mol NO_2 ve 4 mol SO_2 gazları konarak başlatılıyor. Tepkime dengeye ulaştığında kapta 3,2 mol NO_2 gazı bulunduğu görülüyor. **Buna göre tepkimenin aynı sıcaklıktaki K_c değerini bulunuz.**

Çözüm

Denge hesaplamalarında verilen madde miktarlarının derişimleri kullanıldığı için mol sayıları molariteye çevrilir.

$M_{NO_2} = \frac{n}{V} = \frac{4}{2}$ $M_{SO_2} = \frac{n}{V} = \frac{4}{2}$ Dengede oluşan NO_2 derişimi $M_{NO_2} = \frac{n}{V} = \frac{3,2}{2}$

$M_{NO_2} = 2$ M $M_{SO_2} = 2$ M $M_{NO_2} = 1,6$ M olur.

NO_2 gazının başlangıç derişimi 2 M, denge derişimi 1,6 M olduğuna göre değişim, aradaki fark kadardır.

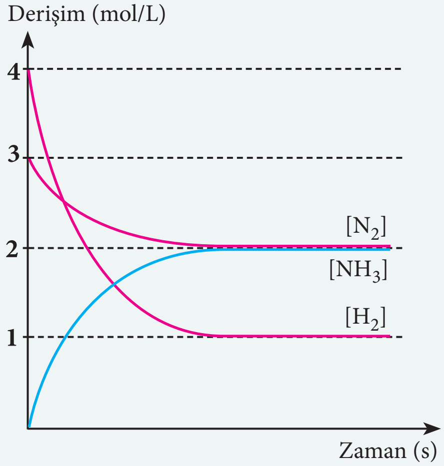
2 - 1,6 = 0,4 M

	$NO_2(g)$	$SO_2(g)$	$NO(g)$	$SO_3(g)$
Başlangıçta:	2 M	2 M	-	-
Değişim:	-0,4 M	-0,4 M	+0,4 M	+ 0,4 M
Denge derişimi:	1,6 M	1,6 M	0,4 M	0,4 M

$$K_c = \frac{[NO][SO_3]}{[SO_2][NO_2]} = \frac{0,4 \cdot 0,4}{1,6 \cdot 1,6}$$

$$K_c = \frac{1}{16}$$

2. Aşağıda NH_3 gazının oluşumuna ait derişim-zaman grafiği verilmiştir.



Bu tepkimeye ait derişimler cinsinden denge sabitini bulunuz.

Çözüm

	$N_2(g)$	$3H_2(g)$	$2NH_3(g)$
Başlangıçta:	3 M	4 M	-
Değişim:	-1 M	-3 M	+2 M
Denge derişimi:	2M	1M	2M

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{2^2}{2 \cdot 1^3}$$

$$K_c = 2$$

3. $4NO(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2O_5(g)$ **tepkimesi belirli bir sıcaklıkta dengede iken NO gazının kısmi basıncı 1 atm, O_2 ve N_2O_5 gazının kısmi basıncı 2 atm olduğuna göre tepkimenin K_p değerini bulunuz.**

Çözüm

	$4NO(g)$	$3O_2(g)$	$2N_2O_5(g)$
Dengedeki basınç:	1 atm	2 atm	2 atm

$$K_p = \frac{P^2_{N_2O_5}}{P^4_{NO} P^3_{O_2}} = \frac{(2)^2}{(1)^4 \cdot (2)^3}$$

$$K_p = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$$

4. Sabit sıcaklıkta HI gazının 8 atm basınç uyguladığı bir kapta $2HI(g) \rightleftarrows I_2(g) + H_2(g)$ tepkimesi gerçekleşmektedir. Tepkime dengeye geldiğinde H_2 gazının kısmi basıncı 2 atm ölçülüyor. **Buna göre bu tepkimenin K_p değerini bulunuz.**

Çözüm

	2HI (g)	⇄ $I_2(g)$	+ $H_2(g)$
Başlangıçta:	8 atm	-	-
Değişim:	-4 atm	+2 atm	+2 atm
Dengedeki basınç:	4 atm	2 atm	2atm

$$K_p = \frac{P_{I_2} P_{H_2}}{P^2_{HI}} = \frac{(2)\cdot(2)}{(4)^2}$$

$$K_p = \frac{1}{4}$$

KİMYASAL TEPKİMELER İLE DENGE SABİTİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Kimyasal tepkime denkleminde bir değişiklik yapıldığında tepkimenin denge sabiti de değişikliği yansıtacak şekilde aşağıdaki gibi düzenlenir:

1. Denge tepkimesi ters çevrilirse denge sabitinin çarpmaya göre tersi alınır.

$2SO_3(g) \rightleftarrows 2SO_2(g) + O_2(g)$ $\quad K_1$

$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2SO_3(g)$ $\quad K_2 = \frac{1}{K_1}$

2. Kimyasal tepkime denklemi herhangi bir katsayısı ile çarpıldığında çarpılan sayı denge sabiti üzerine üs olarak yazılır.

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftarrows 2NH_3(g)$ $\quad K_1$

Örneğin tepkime denklemindeki kimyasal türler 2 ile çarpıldığında

$2N_2(g) + 6H_2(g) \rightleftarrows 4NH_3(g)$ $\quad K_2 = K_1^2$ olur.

3. Kimyasal tepkime denklemi herhangi bir katsayısı ile bölündüğünde bölünen sayı denge sabiti üzerine kök kuvveti olarak yazılır.

$2N_2O_4(g) \rightleftarrows 4NO_2(g)$ $\quad K_1$

Örneğin tepkime denklemindeki kimyasal türler 2'ye bölündüğünde

$N_2O_4(g) \rightleftarrows 2NO_2(g)$ $\quad K_2 = \sqrt{K_1}$ olur.

4. İki veya daha çok kimyasal tepkime denklemi toplamından elde edilen tepkimenin denge sabiti tepkimeyi oluşturan ara basamakların tepkimelerinin denge sabitleri çarpımına eşittir.

$C(k) + \cancel{O_2(g)} \rightleftarrows \cancel{CO_2}(g)$ $\quad K_1$

$2\cancel{CO_2}(g) \rightleftarrows 2CO(g) + \cancel{O_2(g)}$ $\quad K_2$

$C(k) + CO_2(g) \rightleftarrows 2CO(g)$ $\quad K_3$

$K_3 = K_1 \cdot K_2$

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. 25 °C'ta $2COF_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + CF_4(g)$ tepkimesinin denge sabiti (K_c) $2{,}2 \cdot 10^6$ verilmektedir. **Buna göre aşağıdaki tepkimenin denge sabitini bulunuz.**

$CO_2(g) + CF_4(g) \rightleftharpoons 2COF_2(g)$

Çözüm

Tepkime ters çevrildiğinde $CO_2(g) + CF_4(g) \rightleftharpoons 2COF_2(g)$ denge sabiti de ters çevrilir.

$\frac{1}{K_c} = \frac{1}{2{,}2 \cdot 10^6}$ olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

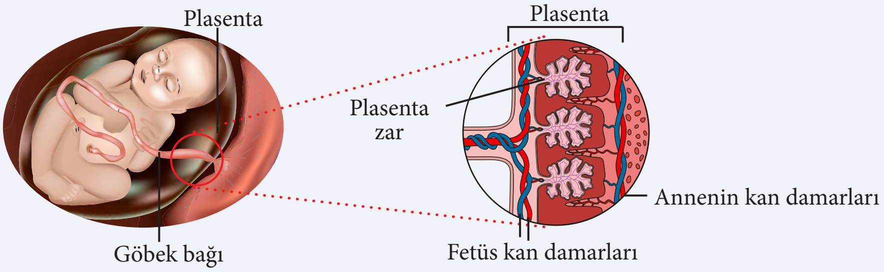
1. $CO_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g) + H_2O(g)$ **tepkimesinin denge sabitini aşağıdaki tepkimelerden yararlanarak bulunuz.**

I. $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$ $K_1 = 1 \cdot 10^5$

II. $CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$ $K_2 = 1{,}4 \cdot 10^7$

6.2. YORUM SİZDE Oksijenin Hemoglobinle Taşınması

Yönerge: Aşağıdaki görsel ve metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.



Anne karnındaki bebek hava alamadığı için solunumu annesinin kanıyla yapar ancak bebeğin kendi dolaşım sistemi vardır. Annenin kanı hiçbir zaman bebeğin vücudunda dolaşmaz. Bebeğin oksijen alması, kanındaki hemoglobine bağlıdır.

Yetişkin hemoglobini gibi, bebeğin hemoglobini de oksijenle dengededir ancak bebek hemoglobininin denge sabiti yetişkin hemoglobininin denge sabitinden büyüktür. Bu nedenle tepkime ürün yönünde gerçekleşir. Sonuç olarak bebeğin hemoglobini yetişkin hemoglobinine göre daha düşük oksijen derişimine sahiptir.

Plesantadaki bebeğin kanı ile anne kanı birbirlerine yakın akar ama karışmaz. Farklı denge sabitleri nedeniyle annenin hemoglobini oksijeni serbest bıraktığında bebeğin hemoglobini oksijeni bağlayarak kendi dolaşım sistemine taşır.

1. Anne karnındaki bebek solunum için gerekli oksijeni nasıl elde eder? Açıklayınız.

2. Bebeğin hemoglobininin denge sabiti yetişkin hemoglobininin denge sabitinden küçük olsaydı hangi sonuçlar ortaya çıkardı? Açıklayınız.



2. BÖLÜM

6.2. DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Neleri Bilmelisiniz?
- Endotermik tepkimeyi,
- Ekzotermik tepkimeyi,
- Derişim, sıcaklık, hacim, basınç ve kısmi basınç kavramlarını,
- Katalizörü bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?
- Dengeyi etkileyen faktörler açıklanırken
  - a) Sıcaklığın, derişimin, hacmin, kısmi basınçların ve toplam basıncın dengeye etkisini denge ifadesi üzerinden açıklayabilmeyi,
  - b) Le Chatelier İlkesi'ni örnekler üzerinden irdeleyebilmeyi,
  - c) Katalizör-denge ilişkisini vurgulayabilmeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK
- Sörfçü, dalgalara ve rüzgâra rağmen dengede nasıl kalır?

6.2.1. DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN AÇIKLANMASI



Görsel 6.5: *Denge tahtası*

Denge tahtası, sporcuların ve yoga yapanların sıklıkla kullandıkları bir spor aletidir. Sporcu, silindir üzerindeki tahtanın kenarlarına basar ve tahtanın yere temasını önlemek için dengede kalmaya çalışır. Çok zor olan bu duruş sırasında silindir sağa sola hareket edebilir ve sporcunun dengesi bozulabilir.

Sporcu, dengesini sağlamak ve tahtanın yere temasını engellemek için ne yapmalıdır?

Denge tahtasındaki silindirin sağa sola kayması gibi denge durumundaki kimyasal tepkimelerin dengesi de dış faktörlerin etkisiyle bozulabilir. Tahta üzerindeki sporcu, dengeyi sağlamak için ağırlığını nasıl bir tarafa veriyorsa tepkimenin de dengeye gelmesi için ürünler veya girenler yönünde gerçekleşmesi gerekir.

6.3. YORUM SİZDE **Dengeyi Ne Etkiler?**

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

İki öğrenci, dengeye ulaşan aynı endotermik tepkimeyi gerçekleştirir. Birinci öğrenci, sistem dengeye ulaştıktan sonra tepkimenin gerçekleştiği deney tüpünü tüplüğe bırakır, diğer öğrenci ise avucunun içinde tutar.

1. **Aynı sıcaklık ve basınçta hangi öğrencinin daha fazla ürün elde etmesi beklenir? Açıklayınız.**

2. **Ürün verimini etkileyen faktör ne olabilir?**

3. Öğrencilerin yaptığı deneyle ilgili hangi faktörler değiştirildiğinde ürün verimi azalabilir veya artabilir? Yorumlayınız.

4. Öğrenciler deney tüplerindeki ürün miktarını tekrar eşitlemek isterlerse deney koşullarında hangi değişiklikleri yapabilirler?

Kimyasal tepkimelerdeki denge durumu, ileri ve geri tepkime hızlarının birbirine eşit olduğunu belirtir ancak dış etkenlerden etkilendiğinde bozulabilir. Sistem yeniden dengeye gelmek için değişen koşullara tepki verir. **Le Chatelier İlkesi** dengede olan bir sistemin koşulların değişmesine nasıl tepki verdiğini açıklar.

LE CHATELIER İLKESİ

Le Chatelier İlkesi'ne göre, dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki uygulandığında sistem etkiyi azaltacak yönde tepki göstererek sistemin yeniden dengeye ulaşmasını sağlar. Kimyasal tepkimelerde dengeyi etkileyen faktörler sıcaklık, derişim, hacim, kısmi basınç veya toplam basınçtır.

1. SICAKLIK

Dengedeki sistemin sıcaklığı değiştiğinde denge bozulur. Sistemin tekrar dengeye gelmesi için tepkimenin girenler yönünde mi, ürünler yönünde mi gerçekleşeceği tepkimenin ekzotermik veya endotermik tepkime olmasına göre değişir.

Ekzotermik Tepkimelerde Sıcaklık-Denge İlişkisi

Ekzotermik tepkimelerdeki ürünlerin potansiyel enerjisi girenlerin potansiyel enerjisinden küçüktür. Açığa çıkan ısı ürünler tarafına yazılır.

- Ekzotermik tepkimelerde sıcaklık azaltıldığında tepkime, sıcaklığı artırmak için ürünler yönünde gerçekleşir. İleri yönde tepkimenin hız sabiti arttığından denge sabiti de artar.

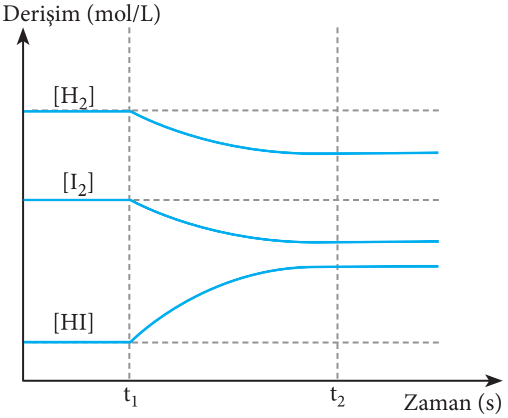
  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g) + 9{,}4\ kJ \downarrow$

  tepkimesinde sıcaklık azaltılırsa tepkime HI gazının miktarını artıracak şekilde ürünler yönünde gerçekleşir. HI gazının miktarının artması K_c değerinin de artmasına neden olur. Tepkimedeki girenlerin ve ürünlerin derişimlerindeki zamana bağlı değişim Grafik 6.2'de gösterilmiştir.

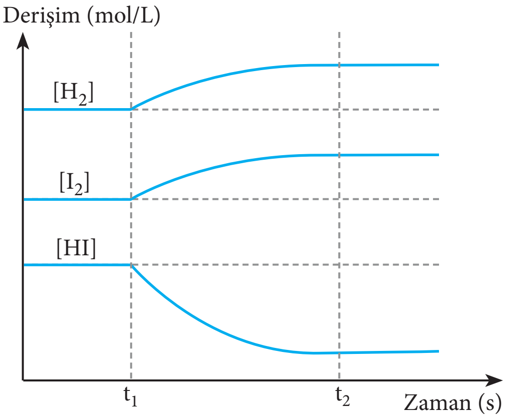
- Ekzotermik tepkimelerde sıcaklık artırıldığında tepkime, sıcaklığı azaltmak için girenler yönünde gerçekleşir. Geri tepkimenin hız sabiti arttığından denge sabiti azalır.

  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g) + 9{,}4\ kJ \uparrow$

  tepkimesi H_2 ve I_2 gazlarının miktarını artıracak şekilde girenler yönünde gerçekleşir. Girenlerin miktarının artması K_c değerinin azalmasına neden olur. Tepkimedeki girenlerin ve ürünlerin derişimlerindeki zamana bağlı değişim Grafik 6.3'te gösterilmiştir.



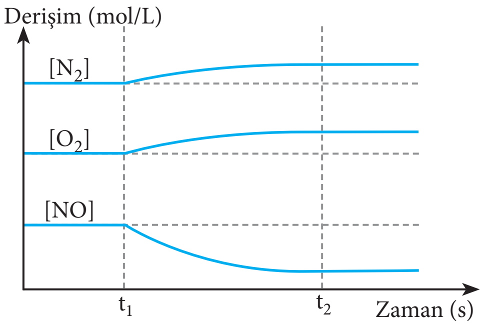
Grafik 6.2: *Sıcaklığı azaltılan ekzotermik tepkimenin derişim-zaman grafiği*



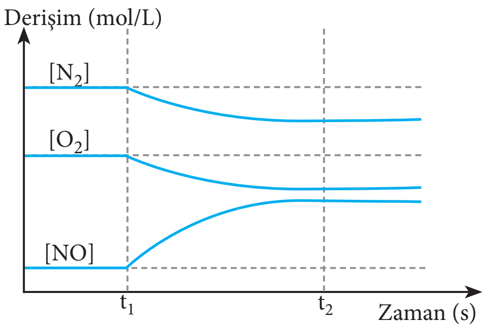
Grafik 6.3: *Sıcaklığı artırılan ekzotermik tepkimenin derişim-zaman grafiği*

Endotermik Tepkimelerde Sıcaklık-Denge İlişkisi

Endotermik tepkimelerdeki ürünlerin potansiyel enerjisi, girenlerin potansiyel enerjisinden büyüktür. Alınan ısı girenler tarafına yazılır.



Grafik 6.4: *Sıcaklığı azaltılan endotermik tepkimenin derişim-zaman grafiği*



Grafik 6.5: *Sıcaklığı artırılan endotermik tepkimenin derişim-zaman grafiği*

- Endotermik tepkimelerde sıcaklık azaltıldığında sıcaklığı artırmak için tepkime, girenler yönünde gerçekleşir. Geri yönde tepkimenin hız sabiti artarken denge sabiti azalır.

  $N_2(g) + O_2(g) + 180\ kJ \downarrow \rightleftharpoons 2NO(g)$

  tepkimesi N_2 ve O_2 gazlarının miktarını artıracak şekilde girenler yönünde gerçekleşir. Girenlerin miktarının artması K_c değerinin azalmasına neden olur. Tepkimedeki girenlerin ve ürünlerin derişimlerindeki zamana bağlı değişim Grafik 6.4'te gösterilmiştir.

- Endotermik tepkimelerde sıcaklık artırıldığında sıcaklığı azaltmak için tepkime ürünler yönünde gerçekleşir. İleri yöndeki tepkimenin hız sabiti arttığından denge sabiti de artar.

  $N_2(g) + O_2(g) + 180\ kJ \uparrow \rightleftharpoons 2NO(g)$

  tepkimesi, NO gazının miktarını artıracak şekilde ürünler yönünde gerçekleşir. NO gazının miktarının artması K_c değerinin artmasına neden olur. Tepkimedeki girenlerin ve ürünlerin derişimlerindeki zamana bağlı değişim Grafik 6.5'te gösterilmiştir.

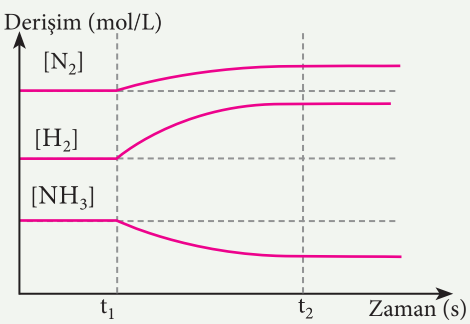
ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) + ısı \rightleftharpoons NO_2$ tepkimesinin sıcaklığı artırılıyor. **Buna göre**

a) Denge hangi yöne doğru gerçekleşir? Açıklayınız.

b) Tepkimenin derişim-zaman grafiğini yandaki boşluğa çiziniz.

2. Derişim-zaman grafiği verilen ekzotermik tepkimeyle ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız.



a) Dengedeki sistemde sıcaklık nasıl değiştirilmiştir?

b) Dışarıdan yapılan etki sonucunda sistemde yeniden denge kurulduğunda ilk denge konumuna göre dengedeki maddelerin derişimleri nasıl değişir? Yorumlayınız.

c) t_2 zamanından sonra tepkimenin denge bileşenlerinin derişimlerinin nasıl değiştiğini açıklayınız.

2. DERİŞİM

Dengedeki bir tepkimede girenler veya ürünlerdeki maddelerden birinin derişimi azaltıldığında tepkime, azalan maddenin derişimini artıracak yönde; maddelerden birinin derişimi artırıldığında ise derişimi artan maddenin derişimini azaltacak yönde gerçekleşir.

- *HI derişimi azaltıldığında*

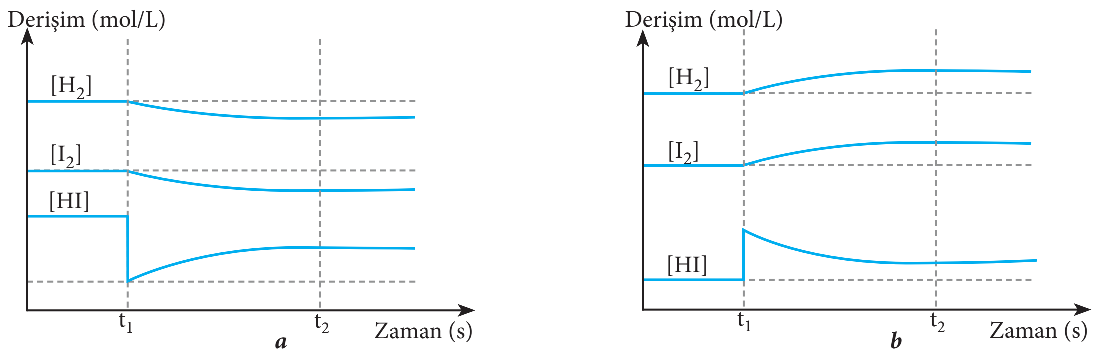
  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons \downarrow 2HI(g) + 9,4\ kJ$

  tepkime, H_2 ve I_2 gazlarının miktarını azaltacak şekilde ürünler yönünde gerçekleşir (Grafik 6.6.a). Derişim değişimi denge sabitini etkilemez.

- *HI derişimi artırıldığında*

  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons \uparrow 2HI(g) + 9,4\ kJ$

  tepkime, H_2 ve I_2 gazlarının miktarını artıracak şekilde girenler yönünde gerçekleşir (Grafik 6.6.b).



***Grafik 6.6:** HI (ürün) derişimi **a)** azaltıldığında, **b)** artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği*

- *Girenlerdeki maddelerden birinin derişimi azaltıldığında*

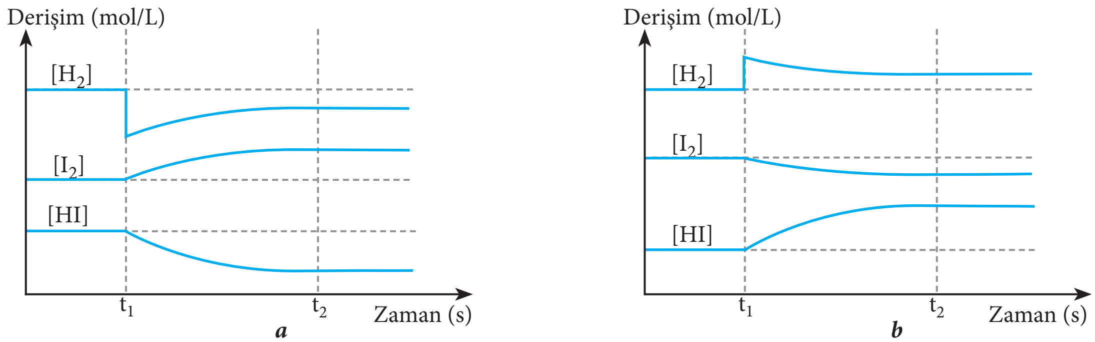
  $\downarrow H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons HI(g) + 9,4\ kJ$

  tepkime H_2 ve I_2 gazlarının miktarını artıracak şekilde girenler yönünde gerçekleşir (Grafik 6.7.a).

- *Girenlerdeki maddelerden birinin derişimi artırıldığında*

  $\uparrow H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g) + 9,4\ kJ$

  tepkime H_2 ve I_2 gazlarının miktarını azaltacak şekilde ürünler yönünde gerçekleşir (Grafik 6.7.b).



***Grafik 6.7:** H_2 (girenlerin birinin) derişimi **a)** azaltıldığında oluşan, **b)** artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği*

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. $2CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g)$ tepkimesinde sabit hacimdeki denge karışımına O_2 gazı eklenmesi dengeyi nasıl etkiler? Açıklayınız.

6.4. YORUM SİZDE Tabiatın Deseni

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Çift yönlü gerçekleşen kimyasal tepkimeler, genellikle dengeye ulaşır fakat bazıları kolayca ulaşamaz. Kelebeklerin kanatlarındaki desenler, zebraların derilerindeki şeritler, tropik balıkların renkleri, gül yapraklarının düzenli spiralleri dengede olmayan kimyasal tepkimelerin sonucudur.

Hayvan kürklerindeki desenleri oluşturan tepkimelere benzer tepkimeler laboratuvarda Belousov-Zhabotinski [Belusov-Zabotinski (BZ)] tepkimesi ile de gerçekleştirilebilir. Tepkimenin gerçekleştiği ortam homojen değilse derişim farkları doğar ve bunun sonucunda güzel renkli spiraller ve çemberler oluşur.

Bir tepkimenin karışımı heterojen ise tepkimenin bazı bölgelerinde derişim artarken bazı bölgelerinde azalabilir. Bu nedenle dengeye ulaşması istenmeyen tepkimelerde girenlere madde ilave etmek ya da ürünlerden madde uzaklaştırmak gerekir.

Çift yönlü gerçekleşen tepkimeler aynı zamanda yaşamı destekleyen birçok olayı da açıklar. Örneğin düzenli kalp atışları vücuttaki çeşitli kimyasal maddelerin belirli derişimlerdeki dengesi sonucunda oluşur. Vücut bu dengeyi otomatik olarak ayarlar. Oksijen ihtiyacına bağlı olarak kalp atışını hızlandırır veya yavaşlatır. Vücuttaki tepkimelerin periyodik devamlılığı da yeme, içme, boşaltım sayesinde sağlanır. Zebraların derilerindeki desenlerin oluşumunda olduğu gibi, hayatın devamlılığını sağlayan olaylar da tepkimelerin dengeye ulaşamamasından kaynaklanır.

1. **Hayvanların kürkleri, kelebeklerin kanatlarındaki desenlerin oluşumu hangi faktörlere bağlıdır?**

2. **Canlıların vücut fonksiyonlarındaki dengenin bozulmasının nedenleri neler olabilir?**

3. HACİM

Tepkimede gaz hâlindeki kimyasal türlerin mol sayıları eşit değilse hacimde oluşan değişiklik dengeyi etkiler. Sabit sıcaklıkta, hacim azaltıldığında (basınç ve hacim ters orantılı olduğu için) basınç artar. Artan basıncı azaltmak için tepkime, mol sayısının az olduğu yönde gerçekleşir. Hacim artarsa basınç azalır. Azalan basıncı artırmak için tepkime gazların mol sayısının fazla olduğu yönde gerçekleşir. K_c değeri hacim değişimlerinden etkilenmez.

- *Dengedeki tepkimenin bulunduğu kabın hacmi azaltılırsa basınç artar.*

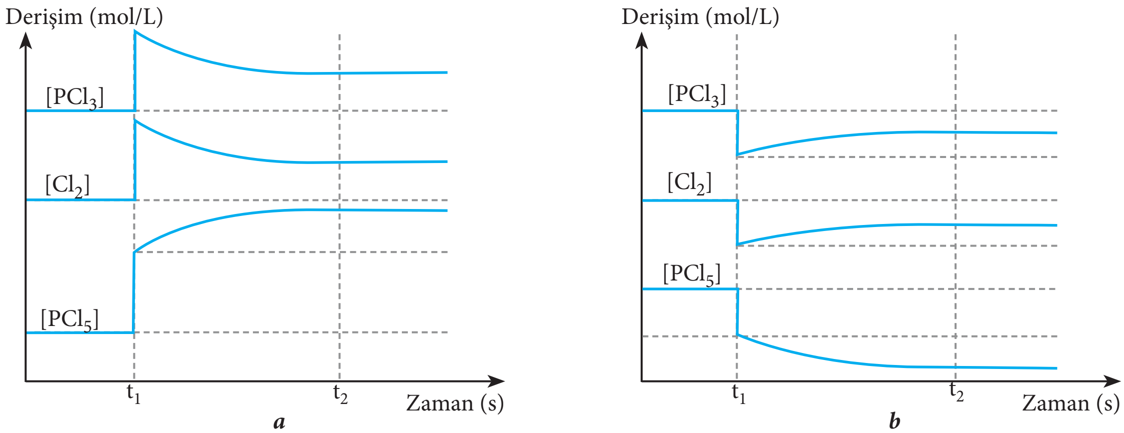
  $PCl_3(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons PCl_5(g)$

  tepkimesinde girenlerin mol sayısı 2 olduğu için tepkime mol sayısı 1 olan ürünler yönünde gerçekleşir (Grafik 6.8.a).

- *Dengedeki tepkimenin bulunduğu kabın hacmi artırılırsa basınç azalır.*

  $PCl_3(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons PCl_5(g)$

  tepkimesinde ürünlerin mol sayısı 1 olduğu için tepkime mol sayısı 2 olan girenler yönünde gerçekleşir (Grafik 6.8.b).



Grafik 6.8: *Hacmin **a)** azaltılması durumunda oluşan, **b)** artırılması durumunda oluşan derişim-zaman değişimi*

4. KISMİ BASINÇ VEYA TOPLAM BASINÇ

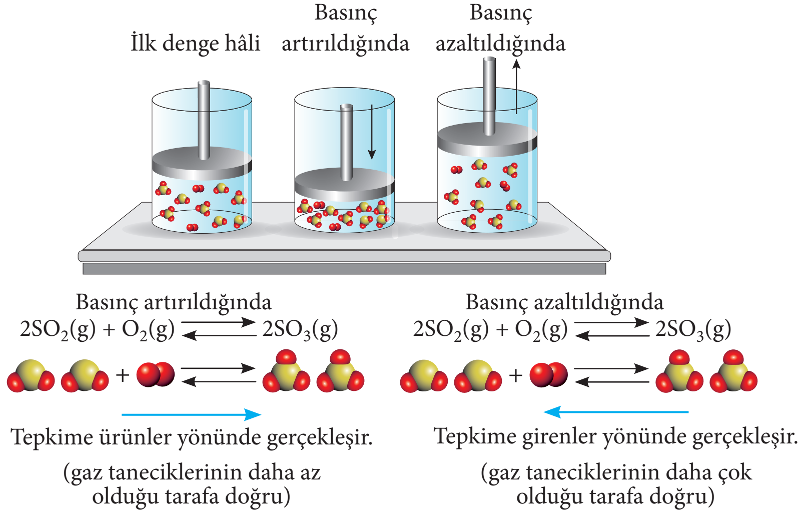
Tepkimelerdeki kimyasal türlerden en az biri (sabit sıcaklıkta) gaz fazında ise basınç değiştirildiğinde tepkime, basıncı azaltacak yönde gerçekleşir.

Tepkimedeki gazların kısmi basıncını etkileyen faktör hacim değişikliğidir. Tepkimede gaz hâlindeki maddelerden birinin basıncı artabileceği gibi toplam basınç da artabilir. Hacim değişikliği olan tepkimelerde tepkime, basıncın etkisini azaltacak veya artıracak yönde gerçekleşir. Yapılan değişiklikler

$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ tepkimesi üzerinde gösterilebilir (Görsel 6.6).

Tepkimenin kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti formüldeki gibi yazılır.

$$K_p = \frac{P_{SO_3}^{\ 2}}{P_{SO_2}^{\ 2} \cdot P_{O_2}}$$



***Görsel 6.6:** Gaz basıncının dengeye etkisi*

BİLİYOR MUSUNUZ?

Basınç ve sıcaklığın sabit olduğu sürtünmesiz pistonlu bir kaba inert gaz eklendiğinde denge tepkimesindeki gazların kısmi basınçları azalır. Tepkime dengesi, azalan gazların mol sayısının fazla olduğu yönde gerçekleşir. Hacim ve sıcaklığın sabit olduğu kapalı kaplara inert gaz eklendiğinde ise toplam gaz basıncı artar ancak kısmi basınçlar inert gazdan etkilenmez. İnert gaz eklenmesi dengeyi etkilemez.

- *Dengedeki tepkimede SO_3 gazının kısmi basıncı artırılırsa*

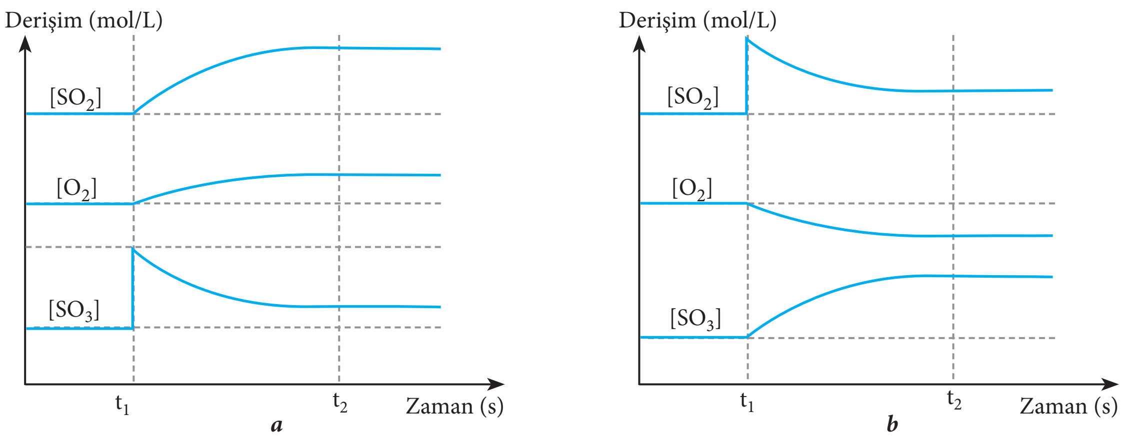
  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons \uparrow 2SO_3(g)$

  tepkime ürünler tarafındaki basıncı azaltmaya çalışacağı için girenler yönünde gerçekleşir. Tepkimedeki girenlerin ve ürünlerin derişimlerindeki zamana bağlı değişim Grafik 6.9.a'da gösterilmiştir.

- *Dengedeki tepkimede SO_2 gazının kısmi basıncı artırılırsa*

  $\uparrow 2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

  tepkime girenler tarafındaki basıncı azaltmaya çalışacağı için ürünler yönünde gerçekleşir. Tepkimedeki girenlerin ve ürünlerin derişimlerindeki zamana bağlı değişim Grafik 6.9.b'de gösterilmiştir.



***Grafik 6.9:** **a)** Ürünün kısmi basıncı artırıldığında (SO_3), **b)** girenlerden birinin (SO_2) kısmi basıncı artırıldığında oluşan derişim-zaman grafiği*

6.5. YORUM SİZDE Dengedeki Değişim

Yönerge: Aşağıdaki tepkime ve tablodan yararlanarak soruları cevaplayınız.

$2HCl(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g) + Cl_2(g)$

tepkimesi dengedeyken tablodaki değişiklikler uygulanıyor. (Sabit sıcaklık ve sabit hacimde her bir değişikliğin ayrı ayrı uygulandığı kabul edilecektir.)

I Tepkime Dengedeyken Yapılan Değişiklik	II Etkilenen Madde	III Görülen Etki		
		Artar.	Azalır.	Değişmez.
HCl ilavesi	HI miktarı			
I_2 ilavesi	Cl_2 miktarı			
HI ilavesi	Cl_2 miktarı			
Cl_2 ilavesi	I_2 miktarı			
HCl uzaklaştırılması	Cl_2 miktarı			
I_2 uzaklaştırılması	HCl miktarı			
HI uzaklaştırılması	HCl miktarı			
Cl_2 uzaklaştırılması	I_2 miktarı			
HCl ilavesi	K_c			
HI ilavesi	K_c			

1. **Tabloda verilen I. sütundaki değişikliklerin II. sütundaki değerlere yapacağı etkileri III. sütundaki "artar, azalır, değişmez" ifadelerinden uygun olanı işaretleyerek belirtiniz.**
2. **Tepkime dengedeyken yapılan değişiklikleri tersine çevirmek için neler yapılabilir? Açıklayınız.**

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$ denge tepkimesinde sabit sıcaklıkta 1 litrelik kapta 0,2 mol CO_2, 0,45 mol H_2 ve 0,3 mol CO, 0,3 mol H_2O gazları dengededir. **Kaba aynı sıcaklıkta 0,25 mol CO_2 gazı eklendikten sonra tepkime dengeye geldiğinde kapta kaç mol CO_2 bulunur?**

Çözüm

$$K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]} = \frac{0,3 \cdot 0,3}{0,2 \cdot 0,45}$$

V = 1 litre olduğu için gazların mol sayıları derişime eşittir.

$K_c = 1$

	$CO_2(g)$	$+ H_2(g)$	$\longrightarrow CO(g)$	$+ H_2O(g)$
Başlangıç :	0,2 mol	0,45 mol	0,3 mol	0,3 mol
Etki :	+0,25 mol			
Denge:	0,45	0,45	0,3	0,3
Değişim :	−x	−x	+x	+x
Yeni denge :	0,45 - x	0,45 - x	0,3 + x	0,3 +x

$$1 = \frac{(0,3 + x)^2}{(0,45 - x)^2} \Rightarrow 0,45 - x = 0,3 + x$$

$2x = 0,15 \qquad x = 0,075$

Dengede $nCO_2 = 0,45 - 0,075 = 0,375$ mol

2. Sabit sıcaklıktaki $2NO_2(g) \rightleftarrows N_2O_4(g)$ ΔH < 0 denge tepkimesinde

a) Sıcaklık artırıldığında

b) Hacim artırıldığında

c) Sisteme NO_2 gazı eklendiğinde

ç) Sisteme N_2O_4 gazı eklendiğinde

dengenin yönü, denge derişimleri ve denge sabiti (K_c) değerleri nasıl değişir?

Çözüm

a) Sıcaklık artırılırsa tepkime, sıcaklığı azaltmak için girenler yönünde gerçekleşir. Yeni denge kurulduğunda NO_2 derişimi başlangıca göre artar. K_c azalır.

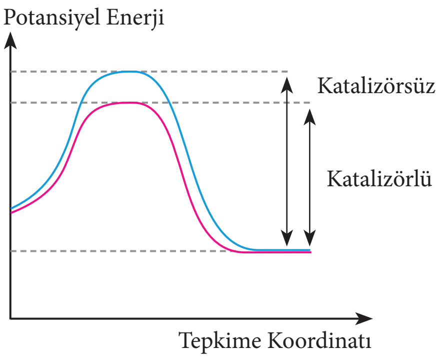
b) Hacim artırılırsa basınç azalır. Tepkime, basıncı artırmak için gaz moleküllerinin çok olduğu girenler yönünde gerçekleşir. NO_2 gazının derişimi başlangıca göre artar. N_2O_4 derişimi azalır. K_c değişmez.

c) Tepkime, NO_2 gazının derişimini azaltmak için ürünler yönünde gerçekleşir. N_2O_4 gazının derişimi artar. K_c değişmez.

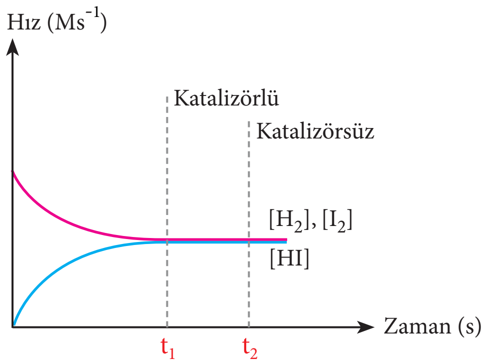
ç) Tepkime, N_2O_4 gazının derişimini azaltmak için girenler yönünde gerçekleşir. NO_2 gazının derişimi artar. K_c değişmez.

KATALİZÖR DENGE İLİŞKİSİ

Tepkimede katalizör kullanılması tepkimenin dengeye gelme süresini kısaltır ancak dengeyi etkilemez. Katalizör ileri ve geri tepkimelerin hızını etkiler, aktivasyon enerjisini düşürerek etkin çarpışma sayısını artırır (Grafik 6.10 a). Düşük aktivasyon enerjisini geçen tanecik sayısı artar. İleri ve geri tepkimenin hızları eşit oranda artarak tepkimenin dengeye ulaşma süresini kısaltır. Örneğin $H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2HI(g)$ tepkimesinin katalizör kullanıldığında ve kullanılmadığında oluşan grafikleri aşağıda verilmiştir (Grafik 6.10 b):



a



b

***Grafik 6.10:** Dengedeki tepkimeye katalizörün etkisi **a)** Potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği, **b)** Hız-zaman grafiği*

6.6. YORUM SİZDE — Vücudun Dengesi

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Kan plazmasındaki karbon dioksit (CO_2) ve karbonik asit (H_2CO_3) arasında bir denge söz konusudur. Dokulardaki karbon dioksit kana giren atık bir üründür. Bazı durumlarda kandaki karbon dioksit ve karbonik asit dengesi bozulur.

1. Vücuttaki kimyasal dengenin bozulmasına hangi faktörler neden olabilir?

2. Kimyasal dengenin bozulmasına neden olabilecek faktörler kandaki CO_2 ve H_2CO_3 derişimlerini nasıl etkilemiş olabilir? Tartışınız.

3. BÖLÜM

6.3. SULU ÇÖZELTİ DENGELERİ

Neleri Bilmelisiniz?

- Sulu çözeltileri,
- pH ve pOH kavramlarını,
- Suyun oto-iyonizasyonunu,
- Asit ve bazları,
- Asit ve bazların iyonlaşmalarını,
- Kuvvetli ve zayıf asit-bazları,
- Tuzları bilmelisiniz.

Neleri Öğreneceksiniz?

- pH ve pOH kavramlarını suyun oto-iyonizasyonu üzerinden açıklayabilmeyi,
- Brönsted-Lowry asitleri/bazları karşılaştırabilmeyi,
- Katyonların asitliği ve anyonların bazlığını su ile etkileşimleri temelinde açıklarken
  - a) Kuvvetli/zayıf asitler ve bazları tanıyabilmeyi; konjuge asit-baz çiftlerine örnekler verebilmeyi,
  - b) Asit gibi davranan katyonların ve baz gibi davranan anyonların su ile etkileşimlerini,
- Asitlik/bazlık gücü ile ayrışma denge sabitleri arasında ilişki kurulurken asit veya bazların iyonlaşma oranlarını denge sabitleriyle ilişkilendirebilmeyi,
- Kuvvetli ve zayıf monoprotik asit/baz çözeltilerinin pH değerlerini hesaplarken
  - a) Çok derişik ve çok seyreltik asit/baz çözeltilerinin pH değerlerine girilmez.
  - b) Zayıf asitler/bazlar için $[H^+] = (K_aC_a)^{1/2}$ ve $[OH^-] = (K_bC_b)^{1/2}$ eşitliklerini esas alabilmeyi (Poliprotik asitlere girilmez.),
- Tampon çözeltilerin özellikleri ile günlük kullanım alanlarını ilişkilendirirken
  - a) Tampon çözeltilerin pH değerlerinin seyrelme ve asit-baz ilavesi ile fazla değişmemesini ortamdaki dengeler üzerinden açıklayabilmeyi (Henderson formülü ve tampon kapasitesine girilmez.),
  - b) Tampon çözeltilerin canlı organizmalar açısından önemine değinebilmeyi,
- Tuz çözeltilerinin asitlik/bazlık özelliklerini açıklarken
  - a) Asidik, bazik ve nötr tuz kavramlarını açıklayabilmeyi,
  - b) Anyonu zayıf baz olan tuzlara örnekler verebilmeyi,
  - c) Katyonu NH_4^+ veya anyonu HSO_4^- olan tuzların asitliği üzerinde durabilmeyi (Hidroliz hesaplamalarına girilmez.),
- Kuvvetli asit/baz derişimlerini titrasyon yöntemiyle belirlerken
  - a) Titrasyon deneyi yaparak sonuçları grafik üzerinden gösterebilmeyi ve yorumlayabilmeyi,
  - b) Titrasyonla ilgili hesaplama örnekleri verebilmeyi,
  - c) Titrasyon yöntemine yönelik hesaplamaları elektronik tablolama programı yardımıyla kurgulayarak ve değerleri değiştirerek gerçekleşen değişiklikleri gözlemleyebilmeyi ve yorumlayabilmeyi,
- Sulu ortamlarda çözünme-çökelme dengelerini açıklarken
  - a) Çözünme-çökelme denge örneklerine yer verebilmeyi; çözünürlük çarpımı ($K_{çç}$) ve çözünürlük (s) kavramlarını ilişkilendirebilmeyi,
  - b) Tuzların çözünürlüğüne etki eden faktörlerden sıcaklık ve ortak iyon etkisi üzerinde durabilmeyi,
  - c) Ortak iyon etkisi hesaplamaları yapabilmeyi öğreneceksiniz.

BÖLÜME HAZIRLIK

- Midedeki hazımsızlığı, gaz ve ekşimeyi gidermek için doktor tavsiyesi ile alınan ilaçların içeriğinde magnezya sütü bulunur. Magnezya sütü midenin asitliğini dengelemede kullanılır. Magnezya sütü mide asitliğini nasıl dengeler?
- Maddelerin suda farklı şekilde dağılması elektrik iletkenliğini nasıl etkiler?

6.3.1. SUYUN OTO-İYONİZASYONU

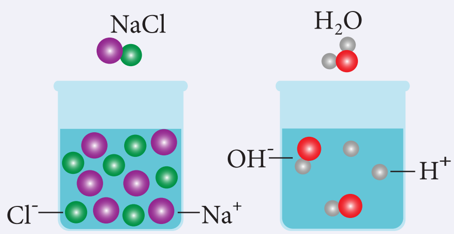
Maddelerin elektriği iletip iletmemesi yapıları ile ilgilidir.

6.7. YORUM SİZDE Elektrik İletkenliği

Yönerge: Yandaki görsellerden yararlanarak soruları cevaplayınız.

1. Yandaki kaplarda tuzlu su ve saf su bulunmaktadır. **Saf su ve çözelti arasındaki farkları nedenleri ile açıklayınız.**

2. **Saf suyun ve çözeltinin elektrik iletkenliklerini karşılaştırınız, ulaştığınız sonuçları nedenleriyle açıklayınız.**



Elektrik iletkenliğini iyonik bileşiklerde suda çözünmüş iyonlar, metallerde ise serbest elektronlar sağlar (Tuz, suda çözündüğünde iyonlarına ayrıştığından tuzlu su iyi iletkendir.).

Saf su az da olsa elektriği iletir. Suyun elektrik iletkenliğini sağlayan ne olabilir?

Saf suyun elektrik iletkenliğinin çok az olması onun zayıf bir elektrolit olduğunun göstergesidir. Su hem asit hem baz olarak davranabilir. Aşağıdaki tepkimelerde görüldüğü gibi su HBr benzeri asitlere karşı baz, NH_3 benzeri bazlara karşı asit gibi davranır. Bu özelliğinden dolayı su amfiprotiktir (hem proton alan hem de proton veren).

Baz gibi davranan su

$$HBr(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + Br^-(suda)$$

HBr: Asit proton verici; H_2O: Baz proton alıcı

Asit gibi davranan su

$$NH_3(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_4^+(suda) + OH^-(suda)$$

NH_3: Baz proton alıcı; H_2O: Asit proton verici

Suyun kendi kendine iyonlaşmasına **suyun oto-iyonizasyonu (suyun oto-protolizi)** denir. Bu tepkime tersinir tepkime olduğundan H_2O, H^+ ve OH^- iyonları ile denge hâlindedir.

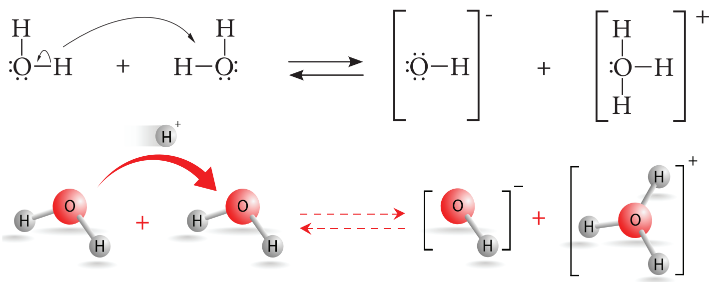
$$H_2O(s) \rightleftharpoons H^+(suda) + OH^-(suda)$$

H^+ iyonunun yükü pozitif, atom yarıçapı da küçük olduğu için diğer su molekülü ile kolayca tepkimeye girer ve hidronyum (H_3O^+) iyonunu oluşturur.

$$H_2O(s) + H^+(suda) \rightleftharpoons H_3O^+(suda)$$

Su molekülü başka bir su molekülü ile etkileştiğinde aralarında proton alışverişi olur ve hidroksit (OH^-) ile hidronyum (H_3O^+) iyonları oluşur (Görsel 6.7).

$$H_2O(s) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + OH^-(suda)$$



***Görsel 6.7:** Suyun oto-iyonizasyonu*

BİLİYOR MUSUNUZ?

AMFOTERİK AMFİPROTİK FARKI

Alüminyum metali amfoteriktir (Hem bazlarla hem asitlerle tepkime verir.) ancak proton olarak verebileceği hidrojen atomlarına sahip olmadığı için de amfiprotik değildir.

Suyun oto-iyonizasyonunu gösteren denge tepkimesinde denge sabiti, iki iyonunun derişimlerinin çarpımıdır:

$K_c = [H_3O^+][OH^-]$ (Denge bağıntısında H_3O^+ yerine H^+ sembolü de yazılabilir.)

$K_c = [H^+][OH^-]$

K_c denge sabitine **suyun iyonlaşma sabiti** denir. Suyun iyonlaşma sabiti "K_{su}" şeklinde gösterilir. Denge sabiti sıcaklık değiştiğinde farklılık gösterir (Tablo 6.1). Saf suyun 1 atm basınç ve 25 °C'ta (standart koşullarda) deneyle ölçülen iyonlaşma sabitinin yaklaşık değeri $1 . 10^{-14}$ tür ($K_{su} = 1 . 10^{-14}$). Saf sudaki H^+ ve OH^- iyonlarının derişimleri birbirine eşit olur çünkü iyonlaşma tepkimesine göre H^+ ve OH^- iyonlarının mol sayıları da eşittir.

***Tablo 6.1:** Farklı Sıcaklıklarda Saf Suyun İyonlaşma Sabiti (K_{su})*

Sıcaklık (°C)	K_{su}
0	$0,11 \cdot 10^{-14}$
10	$0,29 \cdot 10^{-14}$
25	$1,0 \cdot 10^{-14}$
37	$2,4 \cdot 10^{-14}$
45	$4,0 \cdot 10^{-14}$
60	$9,6 \cdot 10^{-14}$

25 °C'taki K_{su} değerinden yararlanılarak bu sıcaklıktaki H^+ ve OH^- iyonlarının derişimleri hesaplanabilir.

$$H_2O(s) \rightleftharpoons \underset{x}{H^+(suda)} + \underset{x}{OH^-(suda)}$$

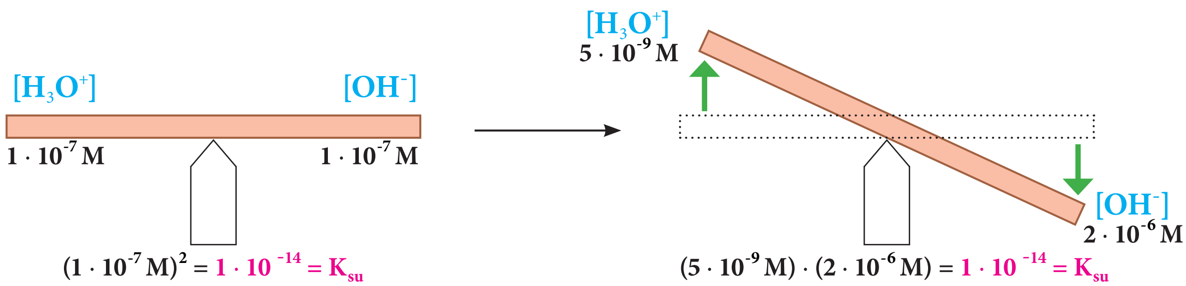
$K_{su} = [H^+][OH^-]$ ifadesinde $[H^+] = [OH^-] = x$ molar denilirse

$1,0 . 10^{-14} = x^2$ $\quad$ $x = 1,0 . 10^{-7}$ M olur.

25 °C'ta saf sudaki H^+ ve OH^- iyonlarının derişimi

$[H^+] = [OH^-] = 1,0 . 10^{-7}$ M olur.

25 °C'ta saf sudaki H^+ ve OH^- iyonlarının derişimleri 10^{-7} M olur. Bu iyonların çarpımları sıcaklık değişmediği sürece 10^{-14} e eşit olduğu için iyonlardan birinin derişimini artıran etki diğer iyonun derişimini azaltır. Bu durum bir tahterevalli gibi düşünülebilir, $[H_3O^+]$ ve $[OH^-]$ iyon derişimlerinden biri arttığında diğeri azalır (Görsel 6.8).



***Görsel 6.8:** H_3O^+ ve OH^- iyon derişimlerini gösteren tahterevalli örneği*

pH VE pOH KAVRAMLARI

Sulu çözeltilerde H^+ ve OH^- iyonlarının derişimleri genellikle çok küçük sayılardır ve küçük sayılarla işlem yapmak oldukça güçtür. Bu nedenle H^+ ve OH^- iyonlarının derişimlerini molarite cinsinden yazmak yerine pH (power hydrogen) ve pOH ölçeği olarak bilinen bir logaritmik ölçekle ifade etmek daha doğru olur. Bir çözeltinin hidrojen iyon derişiminin negatif logaritması **pH** değerini verir. Bir çözeltinin hidroksit iyon derişiminin negatif logaritması da **pOH** değerini verir. pH kısaltmasındaki "p" sembolü "eksi logaritma" anlamına gelir ve aşağıdaki gibi gösterilir.

BİLİYOR MUSUNUZ?

pH kavramı pratik olması açısından 1909'da Danimarkalı kimyacı SØren SØrensen (Söen Söensen) tarafından önerilmiştir.

$\log 0 = 1$ $\quad$ $\log 10^a = a$

$\log a \cdot b = \log a + \log b$

$pH = -\log [H^+]$ veya $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

Eşitlikte $[H^+]$ yerine $[H_3O^+]$ da yazılabilir.

$pOH = -\log [OH^-]$ veya $[OH^-] = 10^{-pOH}$

$pH = -\log [H^+]$ $\quad$ $pH = -\log 1,0 \cdot 10^{-7}$ $\quad$ $pH = 7$

$pOH = -\log [OH^-]$ $\quad$ $pOH = -\log 1,0 \cdot 10^{-7}$ $\quad$ $pOH = 7$

Aynı şekilde saf suyun iyonlaşma dengesi ifadesinin eksi logaritması da alınabilir.

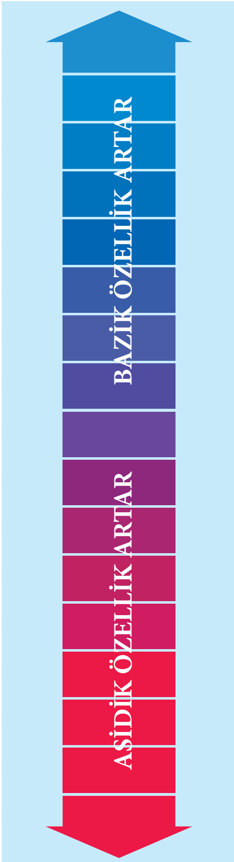
$pK_{su} = -\log K_{su}$ $\quad$ $pK_{su} = -\log 1 \cdot 10^{-14}$ $\quad$ $pK_{su} = 14$

$pK_{su} = pH + pOH$ elde edilir ve $pH + pOH = 14$ olur.

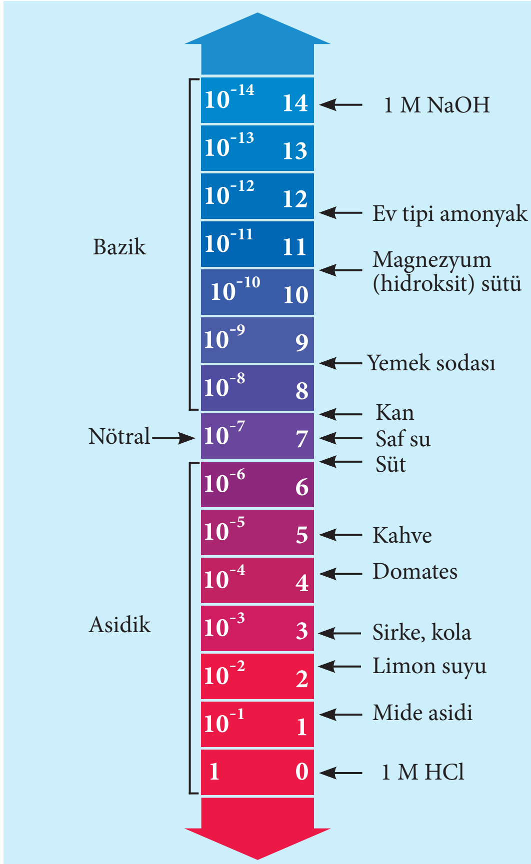
Sulu çözeltilerin pH değeri azalırken orantılı olarak pOH değeri artar. Bir çözeltide pH değeri 7'den küçükse çözelti asidik, 7'den büyükse çözelti baziktir (Tablo 6.2). Bilinen bazı maddelerin pH değerleri Tablo 6.3'te verilmiştir.

***Tablo 6.2:** $[H^+]$ ile pH, $[OH^-]$ ile pOH Arasındaki Bağıntılar*

$[H_3O^+]$	pH	pOH	$[OH^-]$
10^{-14}	14	0	1
10^{-13}	13	1	10^{-1}
10^{-12}	12	2	10^{-2}
10^{-11}	11	3	10^{-3}
10^{-10}	10	4	10^{-4}
10^{-9}	9	5	10^{-5}
10^{-8}	8	6	10^{-6}
10^{-7}	7	7	10^{-7}
10^{-6}	6	8	10^{-8}
10^{-5}	5	9	10^{-9}
10^{-4}	4	10	10^{-10}
10^{-3}	3	11	10^{-11}
10^{-2}	2	12	10^{-12}
10^{-1}	1	13	10^{-13}
1	0	14	10^{-14}



***Tablo 6.3:** Bilinen Bazı Maddelerin pH Değerleri*



25 °C'ta bütün sulu çözeltilerde $K_{su} = [H^+][OH^-] = 1 \,.\, 10^{-14}$ olduğuna göre bu sıcaklıkta

- Nötr çözeltide $[H^+] = [OH^-]$ olduğu için pH = pOH olur. ($[H^+] = [OH^-] = 1{,}0 \,.\, 10^{-7}$ M)
- Asidik çözeltide $[H^+] > [OH^-]$ olduğu için pH < pOH olur.
- Bazik çözeltide $[H^+] < [OH^-]$ olduğu için pH > pOH olur.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Amonyak çözeltisindeki OH^- derişimi $2 \cdot 10^{-3}$ M olduğuna göre sulu amonyak çözeltisinin pH değerini bulunuz. (log 5 = 0,7)

Çözüm

$K_{su} = [H^+][OH^-]$ $1 \,.\, 10^{-14} = [H^+]\, 2 \,.\, 10^{-3}$ $[H^+] = \dfrac{1 \cdot 10^{-14}}{2 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 10^{-12}$ M

$pH = -\log [H^+] = -\log 5 \,.\, 10^{-12} = -(\log 5 + \log 10^{-12}) = -(0{,}7 - 12) = 11{,}3$'tür.

2. pH değeri 3 olan sirkenin OH^- iyon derişimini bulunuz.

Çözüm

$[H^+] = 10^{-pH}$ pH = 3 $[H^+] = 10^{-3}$ M

$K_{su} = [H^+][OH^-]$ $1 \,.\, 10^{-14} = 10^{-3}[OH^-]$ $[OH^-] = \dfrac{1 \cdot 10^{-14}}{10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-11}$ M

3. 45 °C'ta saf suyun iyonlaşma sabitinin değeri $4 \cdot 10^{-14}$ olduğuna göre aynı sıcaklıkta suyun H^+ ve OH^- iyonlarının derişimini bulunuz.

Çözüm

$H_2O(s) \rightleftharpoons H^+(suda) + OH^-(suda)$ tepkimesinde H^+ ve OH^- iyonlarının derişimi eşittir.
x x

Bu derişimlere x denirse ve 45 °C'ta $K_{su} = 4 . 10^{-14}$ olduğuna göre

$K_{su} = [H^+][OH^-]$ $4 \cdot 10^{-14} = x \cdot x$

$4 . 10^{-14} = x^2$ $x = 2 \cdot 10^{-7}$ M

$x = [H^+] = [OH^-] = 2 \cdot 10^{-7}$ M olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Elif, annesi ile akşam gelecek misafirler için kiraz kompostosu hazırlar ve kompostonun suyunu süzer. 500 mL'lik kiraz suyunun pH değeri 4'tür. **Buna göre kiraz suyu çözeltisindeki hidrojen iyonunun mol sayısını bulunuz.**

2. İki kardeş bağış yapabilmek için limonata satmaktadır. 25 °C'taki bu limonatanın H^+ iyon derişimi $2,5 . 10^{-3}$ molardır.
   a) OH^- iyonları derişimini bulunuz.

   b) Çözeltiyi asidik, bazik veya nötr olarak sınıflandırınız.

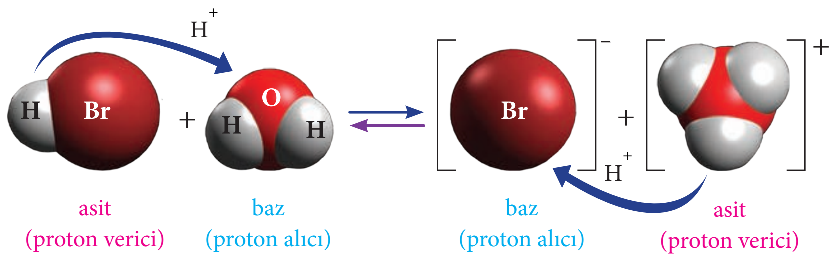
6.3.2. BRÖNSTED-LOWRY ASİT VE BAZLARI

Arrhenius'un (Arhenus) asit-baz tanımı yalnızca sulu çözeltiler için uygulanabildiğinden asit-baz tanımı sınırlıdır. Bu nedenle daha genel bir asit-baz tanımına ihtiyaç duyulmuştur. 1923 yılında, Johannes Brönsted (Conıs Brönşted) ve Thomas Lowry (Tomas Lavri) asit-baz tanımını genişletmiş, tanımı protona göre yapmışlardır. Bu tanım asit-baz tepkimesinde H^+ iyonlarının aktarımına vurgu yapar. Brönsted-Lowry'nin tanımına göre asit proton verici, baz proton alıcıdır.

$HBr(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + Br^-(suda)$ tepkimesinde HBr, çözeltiye bir H^+ iyonu (proton) verdiği için asittir. Su (H_2O) da bir H^+ iyonu (proton) aldığı için bazdır (Görsel 6.9).

BİLİYOR MUSUNUZ?

Arrhenius'un tanımına göre asit, suda çözündüğünde hidrojen derişimini; baz ise hidroksit derişimini artıran bir maddedir. Bu tanımlama Arrhenius tarafından asit ve bazlar için yapılan ilk bilimsel tanımlamadır.



Görsel 6.9: *Hidrojen bromürün suda çözünme tepkimesi*

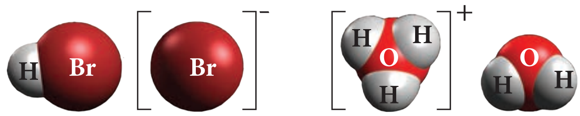
Tepkime girenler yönünde gerçekleştiğinde ise Br^-, H^+ iyonu (proton) aldığı için baz; H_3O^+, H^+ iyonu verdiği için asit olur. Brönsted-Lowry tanımının uzantılarından biri de eşlenik asit-baz çifti kavramıdır. Kavram, bir baz ve onun eşlenik asidini veya bir asit ve onun eşlenik bazını belirtir. Her bazın eşlenik bir asidi, her asidin eşlenik bir bazı vardır. Aralarında bir proton fark bulunan asit-baz çiftlerine **konjuge (eşlenik) asit-baz çifti** denir.

Asit veya bazın altına yazılan alt indisler (1 ve 2); asit 1 ile baz 1, asit 2 ile baz 2'nin konjuge asit-baz çifti olduğunu belirtir. Örneğin aşağıdaki tepkimede HBr-Br^- ve H_2O-H_3O^+ konjuge asit-baz çiftleridir (Görsel 6.10).

$$HBr(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + Br^-(suda)$$

$Asit_1$	Baz_2	$Asit_2$	Baz_1
(proton verici)	(proton alıcı)	(proton verici)	(proton alıcı)

Konjuge asit-baz çiftleri



HBr-Br^- konjuge asit-baz çifti

H_3O^+-H_2O konjuge asit-baz çifti

***Görsel 6.10:** Konjuge asit-baz çiftleri*

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Aşağıdaki tepkimelerde bulunan konjuge asit-baz çiftlerini yazınız.

a) $\mathbf{HCl(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + Cl^-(suda)}$

Çözüm

$$HCl(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + Cl^-(suda)$$

$Asit_1$ Baz_2 $Asit_2$ Baz_1

Tepkimede HCl proton verdiği için asit, Cl^- ise HCl asidinin konjuge bazıdır. H_2O proton aldığı için baz, H_3O^+ ise H_2O bazının konjuge asididir.

b) $\mathbf{HCO_3^-(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + CO_3^{2-}(suda)}$

Çözüm

$$HCO_3^-(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + CO_3^{2-}(suda)$$

$Asit_1$ Baz_2 $Asit_2$ Baz_1

Tepkimede HCO_3^- proton verdiği için asit, CO_3^{2-} ise HCO_3^- asidinin konjuge bazıdır. H_2O proton aldığı için baz, H_3O^+ ise H_2O bazının konjuge asididir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki tepkimelerde bulunan konjuge asit-baz çiftlerini belirleyiniz.

a) $NH_3(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_4^+(suda) + OH^-(suda)$

b) $H_2SO_4(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + HSO_4^-(suda)$

c) $F^-(suda) + HCN(s) \rightleftharpoons HF(suda) + CN^-(suda)$

6.8. YORUM SİZDE Brönsted-Lowry Asit ve Bazları

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Aslı, Brönsted-Lowry tanımına göre asit ve bazların özelliklerini araştırmak için laboratuvarda deney yapar. Su dolu iki kaptan birine H_2CO_3, diğerine NH_3 ekler. Çözeltide HCO_3^- anyonu ve NH_4^+ katyonu bulunur. Çözeltilerin asitlik-bazlık özellikleri ile yazdığı tepkimelerin Brönsted-Lowry tanımına göre doğruluğunu karşılaştırır.

1. Aslı, kaplarda oluşan sulu çözeltilerin denge tepkimesini nasıl yazmalıdır?

2. Aslı, Brönsted-Lowry tanımına göre kaplardaki konjuge asit-baz çiftlerini nasıl belirtmelidir?

6.3.3. KATYONLARIN ASİTLİĞİ VE ANYONLARIN BAZLIĞININ SU İLE ETKİLEŞİMİ

Brönsted-Lowry asit baz teorisine göre H^+ alan baz, H^+ veren asittir.

$HF(g) + CN^-(suda) \rightleftharpoons F^-(suda) + HCN(suda)$

Hidrojen florür ve siyanürün tepkimesinden oluşan F^- anyonunun suyla etkileşiminde F^-, proton aldığı için bazdır.

$NH_4^+(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_3(suda) + H_3O^+(suda)$

Benzer şekilde amonyağın suyla tepkimesinden oluşan amonyum katyonu (NH_4^+) suyla etkileşiminde proton verdiği için asittir.

ASİT VE BAZLARIN KUVVETİ

Meyve ve sebzelerde asit ve bazlar doğal olarak bulunur. Limon ve portakalda sitrik asit, üzümde tartarik asit, brokoli ve taze fasulyede folik asit, birçok meyve ve sebzede C vitamini olarak da bilinen askorbik asit vardır. Ayrıca asit ve bazlar gıdaların raf ömrünü uzatan katkı maddelerinde, birçok kimyasal tepkimede, endüstride, biyolojik süreçlerde ve temizlik malzemelerinde de kullanılır. Örneğin temizlik malzemesi olarak kullanılan tuz ruhu (hidroklorik asit), ciltte ve solunum sisteminde ciddi zararlara neden olabilen bir asittir.

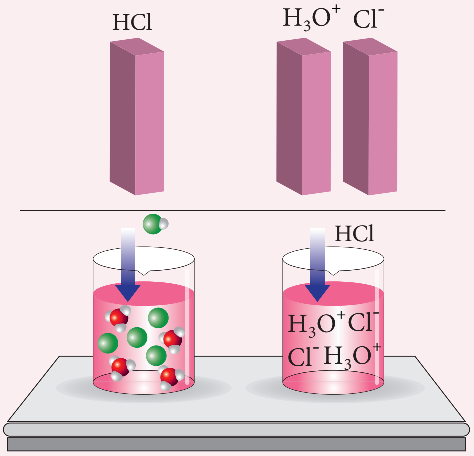
Temizlik malzemesinde cilde ve solunum sistemine zarar veren asit ve bazlarla meyve ve sebzelerdeki asit ve bazlar arasında fark ne olabilir?

Asit ve bazın kuvveti sudaki iyonlaşma miktarına bağlıdır. Kuvvetli asit ve bazların suda tamamen (%100) iyonlaştığı varsayılır. Zayıf asit ve bazlar ise suda kısmen iyonlaşır. Zayıf asit ve bazların çözünmelerinin kısmen gerçekleşmesi tepkimenin denge tepkimesi olduğunu gösterir. Bu nedenle zayıf asit veya bazların tepkimelerinde çift yönlü, kuvvetli asit ve bazların tepkimelerinde tek yönlü ok kullanılır.

Bir asidin kuvveti ortama verdiği H^+ iyon derişimi ile belirlenir. Kuvvetli asitlere HNO_3, HCl, H_2SO_4 gibi asitler örnek verilebilir.

$HCl(suda) + H_2O(s) \longrightarrow H_3O^+(suda) + Cl^-(suda)$

Kuvvetli asitler suda çözündüklerinde tamamen iyonlaşır, denge anında iyonlaşmayan asit molekülü bulunmaz (Görsel 6.11). Kuvvetli asitlerin konjuge bazları su ile tepkime vermez çünkü kuvvetli asitler ölçülebilir bir kuvvete sahip değildir. Örneğin Cl^- iyonu zayıf bir baz olduğundan su ile tepkime vermez.

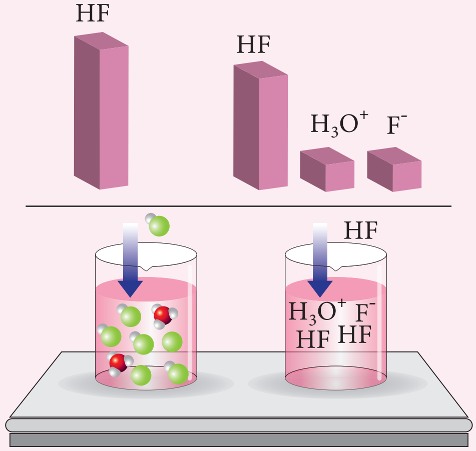


***Görsel 6.11:** Kuvvetli asitlerin suda iyonlaşması*

Zayıf asitlere HCN, HF, CH_3COOH gibi asitler örnek verilebilir.

$HF(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + F^-(suda)$

Çözeltilerinde denge anında H^+ iyonları, asidin konjuge bazı ve bunların yanında çok sayıda iyonlaşmamış asit molekülleri bulunur (Görsel 6.12). Zayıf asitlerin konjuge bazları su ile tepkime verir çünkü anyonları ölçülebilir bir bazik kuvvete sahiptir. Asit ne kadar zayıfsa asidin konjuge bazı da o kadar kuvvetlidir.

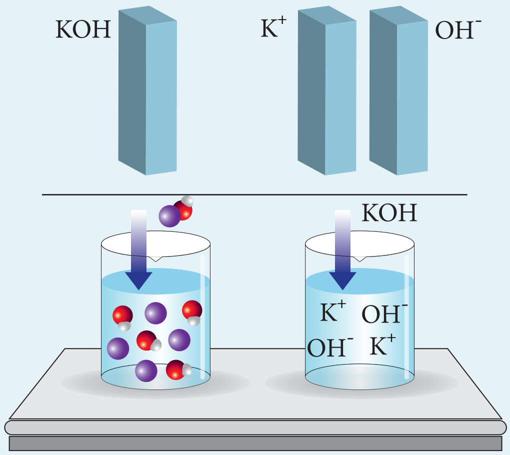


***Görsel 6.12:** Zayıf asitlerin suda iyonlaşması*

Bir bazın kuvveti ortama verdiği OH^- iyon derişimi ile belirlenir (Görsel 6.13). Kuvvetli bazlara KOH, NaOH gibi alkali metal ve $Mg(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ gibi toprak alkali metal hidroksitleri örnek verilebilir.

Brönsted-Lowry bazı olmak için proton alıcısı olmak gerekir ancak metal hidroksitleri proton almadıkları için Brönsted-Lowry bazı değildir.

$$KOH(k) \xrightarrow{H_2O(s)} K^+(suda) + OH^-(suda)$$



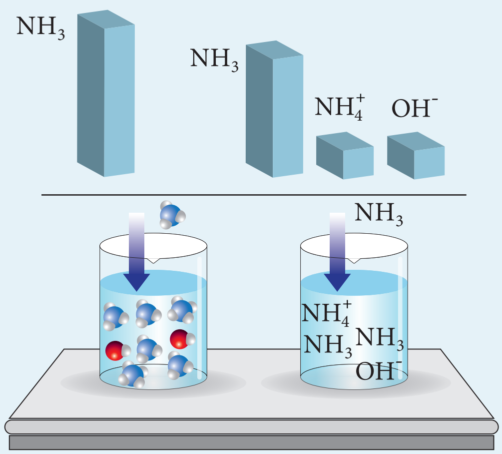
***Görsel 6.13:** Kuvvetli bazların suda iyonlaşması*

Zayıf bazların sulu çözeltilerinde denge kurulduğunda bazın konjuge asidi, iyonlaşmamış baz molekülleri ve OH^- iyonları bulunur (Görsel 6.14). Zayıf bazlara NH_3, CO_3^{2-}, CH_3NH_2 örnek verilebilir.

$$NH_3(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_4^+(suda) + OH^-(suda)$$

Brönsted-Lowry bazı olan NH_3 proton alır ve NH_3 bazının konjuge asidi de NH_4^+ olur.

Zayıf bazın konjuge asidi ne kadar kuvvetli ise baz o kadar zayıftır.



***Görsel 6.14:** Zayıf bazların suda iyonlaşması*

ASİT GİBİ DAVRANAN KATYONLAR

Katyonların asitliğini belirleyen faktörlerden biri katyonun yükü, diğeri de katyonun yarıçapıdır. Katyonun yükü ne kadar büyük, yarıçapı ne kadar küçük olursa asitliği de o kadar fazla olur. Örneğin Al^{3+} ve Fe^{3+} gibi katyonlar çapları küçük, yükleri büyük olduğundan asidik çözelti oluşturur çünkü katyonlar su ile tepkimelerinde ortamdaki H_3O^+ iyonu derişimini artırır (Tablo 6.4).

$$Fe^{3+}(suda) + 6H_2O(s) \rightleftharpoons Fe(OH)_3(suda) + 3H_3O^+(suda)$$

NH_3 gibi zayıf bazların konjuge asitleri de su ile etkileştiklerinde proton verir ve asit gibi davranır.

$$NH_4^+(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_3(suda) + H_3O^+(suda)$$

***Tablo 6.4:** Asit Gibi Davranan Katyonlar*

	Katyon
Çapı Küçük, Yükü Büyük Metal Katyonlar	Cr^{3+}, Al^{3+},Fe^{3+}, Cu^{2+}
Zayıf Bazların Konjuge Asidi	NH_4^+

BAZ GİBİ DAVRANAN ANYONLAR

Baz gibi davranan anyonlar suda çözündüklerinde proton alıcı gibi davrandığı için bazik özellik gösterir (Tablo 6.5). Örneğin baz gibi davranan NO_2^- iyonu su ile etkileşime girdiğinde proton alır, konjuge asidi olan HNO_2 ve OH^- iyonunu oluşturur. Bu nedenle ortam bazik olur.

$$NO_2^-(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons HNO_2(suda) + OH^-(suda)$$

***Tablo 6.5:** Baz Gibi Davranan Anyonlar*

	Anyon
Zayıf Asitlerin Konjuge Bazı	CO_3^{2-}, CH_3COO^-, NO_2^-, F^-, CN^-, PO_4^{3-}

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Cu^{2+} katyonunun ve CN^- anyonunun su ile tepkimelerini yazınız. Oluşan çözeltilerin asitlik ve bazlık durumlarını nedenleriyle açıklayınız.

a) Cu^{2+}

b) CN^-

Çözüm

a) $Cu^{2+}(suda) + 4H_2O(s) \rightleftharpoons Cu(OH)_2(suda) + 2H_3O^+(suda)$ tepkimesinde Cu^{2+} iyonu, H_3O^+ iyonu oluşmasına neden olduğu için asittir.

b) $CN^-(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons HCN(suda) + OH^-(suda)$ tepkimesinde CN^- iyonu, proton aldığı için bazdır.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. CH_3COO^-, PO_4^{3-}, CO_3^{2-} anyonlarının su ile tepkimelerini yazınız. Oluşan çözeltilerin asitlik ve bazlık durumlarını nedenleriyle açıklayınız.

a) CH_3COO^-

b) PO_4^{3-}

c) CO_3^{2-}

6.3.4. ASİT VE BAZLARIN AYRIŞMA DENGESİ

Biyolojik tepkimeler genellikle belirli bir pH ortamında gerçekleşir. Ortamın pH değerinin değişmesi vücutta önemli bozukluklara neden olur. Besinlerle vücuda alınan asit gerekenden fazla ise organizmaya katılan H^+ iyonu artar ancak organizmanın sahip olduğu pH değerinin belirli sınırda tutulması gerekir. Bu da asit-baz dengesi ile mümkün olur. Organizmadaki dengelerden birini böbreklerdeki primer fosfat ($H_2PO_4^-$) sekonder fosfat (HPO_4^{2-}) dengesi oluşturur. Denge $H^+(suda) + HPO_4^{2-}(suda) \rightleftharpoons H_2PO_4^-(suda) + H_2O(s)$ tepkimesi ile sağlanır.

Böbreklerde hidrojen iyonu derişimi arttığında organizmadaki asit-baz dengesi nasıl sağlanabilir? Hidrojen iyon derişiminin artması asidin kuvvetini nasıl etkiler?

Suda kısmen iyonlaştıkları için zayıf asit ve bazların denge bağıntıları yazılabilir ancak kuvvetli asit ve bazların suda %100 iyonlaştığı varsayıldığı için denge bağıntıları yazılamaz.

Tek protonlu zayıf bir asidin (HA) sudaki iyonlaşma tepkimesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$HA(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + A^-(suda)$$

Zayıf asidin iyonlaşma denge sabitine **asit iyonlaşma sabiti** adı verilir. Asit iyonlaşma sabiti "K_a" ile gösterilir.

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

Belirli bir sıcaklıkta zayıf asidin denge sabitinin büyüklüğü asidin kuvvetini gösterir. Asitlik denge sabitinin değeri arttıkça asidin kuvveti de artar, çünkü iyonlaşmadan dolayı H_3O^+ iyonlarının derişimi artar. Bir asidin başlangıç derişimi ve K_a değeri biliniyorsa iyonlaşma yüzdesi hesaplanabilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Hipoklorözün (HOCl) 25 °C'taki asitlik sabiti yaklaşık $3,6 . 10^{-8}$ dir. **Buna göre 0,1 M hipoklorözün iyonlaşma yüzdesini bulunuz.**

Çözüm

$$HOCl(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + OCl^-(suda)$$

	HOCl	H_3O^+	OCl^-
Başlangıç:	0,1	-	-
Değişim:	-x	+x	+x
Denge anı:	0,1 - x	x	x

Dengedeki HOCl, H_3O^+ ve OCl^- derişimleri iyonlaşma denge bağıntısı ifadesinde yerlerine yazılır.

$$K_a = \frac{[H_3O^+][OCl^-]}{[HOCl]} \qquad 3,6 \cdot 10^{-8} = \frac{x \cdot x}{0,1 - \cancel{x}} \rightarrow \text{ihmal edilir.}$$

HOCl zayıf bir asit olduğu için çok az iyonlaşır. Bu nedenle x değeri 0,1 sayısının yanında ihmal edilebilir bir değer olduğu için

$0,1 - x \cong 0,1$ alınır.

$$3,6 \cdot 10^{-8} = \frac{x \cdot x}{0,1} \qquad x^2 = 36 . 10^{-10} \qquad x = 6 . 10^{-5} \text{ M iyonlaşmış olur.}$$

İyonlaşma yüzdesini hesaplamak için

0,1 M HOCl'de $6 . 10^{-5}$ M iyonlaşırsa
100 M'da x M iyonlaşır.

$x = 6 \cdot 10^{-2}$ M => %0,06 iyonlaşır.

Zayıf bazların iyonlaşma denge bağıntısı da benzer şekilde yazılabilir. Herhangi zayıf bazın (BOH) suyla olan denge tepkimesi aşağıdaki gibidir:

$$BOH(suda) \xrightleftharpoons{H_2O(s)} B^+(suda) + OH^-(suda)$$

BOH bazı ile B^+ ve OH^- iyonları arasında denge kurulur. Bu tepkimeye ait iyonlaşma denge sabitinin ifadesi aşağıda verilmiştir. Bu denge sabitine **bazlık iyonlaşma sabiti** denir. Bazlık iyonlaşma sabiti "K_b" ile gösterilir.

$$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$$

Asitlerde olduğu gibi bazlık denge sabitinin büyüklüğü de bazın kuvvetini gösterir. Bazlık denge sabitinin değeri arttıkça bazın kuvveti de artar. Bir bazın başlangıç derişimi ve K_b değeri biliniyorsa iyonlaşma yüzdesi hesaplanabilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. $HONH_2(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons HONH_3^+(suda) + OH^-(suda)$ tepkimesindeki hidroksilaminin ($HONH_2$) 25 °C'taki bazlık sabiti $9 \cdot 10^{-9}$ dur. **Buna göre 0,1 molarlık hidroksilaminin iyonlaşma yüzdesini hesaplayınız.**

Çözüm

$$HONH_2(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons HONH_3^+(suda) + OH^-(suda)$$

	$HONH_2$	$HONH_3^+$	OH^-
Başlangıç:	0,1	-	-
Değişim:	-x	+x	+x
Denge anı:	0,1 - x	x	x

Dengedeki $HONH_2$, $HONH_3^+$ ve OH^- derişimleri iyonlaşma denge bağıntısı ifadesinde yerlerine yazılır.

$$K_b = \frac{[OH^-][HONH_3^+]}{[HONH_2]} \qquad 9 \cdot 10^{-9} = \frac{x \cdot x}{0,1 - \cancel{x}} \rightarrow \text{ihmal edilir.}$$

$HONH_2$ zayıf bir baz olduğu için çok az iyonlaşır. Bu nedenle x değeri 0,1 sayısının yanında ihmal edilebilir bir değer olduğu için bu değer $0,1\text{-}x \cong 0,1$ alınır.

$9 \cdot 10^{-9} = \frac{x \cdot x}{0,1}$ $\quad x^2 = 9 \cdot 10^{-10}$ $\quad x = 3 . 10^{-5}$ M iyonlaşmış olur.

İyonlaşma yüzdesini hesaplamak için

0,1 M $HONH_2$ bazında	$3 . 10^{-5}$	M iyonlaşırsa
100 M'da	x	M iyonlaşır.

$x = 3 . 10^{-2}$ M iyonlaşır. İyonlaşma yüzdesi 0,03'tür.

6.9. YORUM SİZDE Hidrojen Peroksit

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

Onur Bey, kimya sektöründe hidrojen peroksidin (H_2O_2) seyreltik sulu çözeltisinin hazırlandığı bölümde çalışmaktadır. Hidrojen peroksit çözeltisi renk soldurma özelliği nedeniyle birçok alanda kullanılır. Onur Bey'in hazırladığı hidrojen peroksit çözeltisinin derişimi 0,2 M'dır.

Buna göre

1. **Onur Bey'in hazırladığı hidrojen peroksit çözeltisinin denge tepkimesini yazınız.** (Konjuge asit-baz çifti H_2O_2/HO_2^-)

2. **Onur Bey'in hazırladığı hidrojen peroksit çözeltisinin asitlik sabiti (K_a) $1,8 \cdot 10^{-12}$ olduğuna göre hidrojen peroksidin iyonlaşma yüzdesini bulunuz.**

6.3.5. KUVVETLİ VE ZAYIF MONOPROTİK ASİT İLE BAZ ÇÖZELTİLERİNDEKİ pH HESABI

Dengesiz beslenme ve stres gibi faktörler vücuttaki asit miktarını artırır. Fazla asit iç organları olumsuz etkiler. Organlardaki olumsuzluğun azaltılmasında ve canlılığın sürdürülmesinde su önemli bir role sahiptir fakat içilecek suyun sağlığa uygun pH değerinde olması gerekir. Suyun pH değerinin ve sağlığa uygunluğunun saptanması hem içme hem de kullanma suları için önemlidir. pH değeri 6,5'ten düşük sular kullanım için uygun değildir. pH değeri 9,5'ten fazla sular ise tatsızdır, içim sırasında kayganlık hissi verir ve böbreklerde taş yapar.

Sağlığa uygun suyun renksiz, kokusuz, berrak, nötr ya da hafif alkali ve 6,5-9 pH aralığında olması gerekir.

İçme suyunun pH değeri vücutta artan asit miktarını nasıl etkiler?

Su tüketiminde olduğu gibi yiyecek ve içeceklerde de pH değeri önemlidir. pH hesaplamaları aşağıdaki gibi yapılır.

Kuvvetli monoprotik asit ve bazlar için pH hesabı

Kuvvetli monoprotik asitler (tek H^+ iyonu içeren) için H^+ iyonu derişimi $[H^+] = C_a$ ile, kuvvetli monoprotik bazlarda (tek OH^- iyonu içeren) ise OH^- iyonu derişimi $[OH^-] = C_b$ ile gösterilir.

C_a: Asidin derişimini	$[H^+] = C_a$	$pH = -\log C_a$	
C_b: Bazın derişimini	$[OH^-] = C_b$	$pOH = -\log C_b$	ifade eder.

Kuvvetli asit olan 0,1 molarlık hidroklorik asit suda tamamen iyonlaşır. Hidrojen klorürün (HCl) pH değerini bulmak için aşağıdaki işlemler yapılır:

$$HCl(suda) \longrightarrow H^+(suda) + Cl^-(suda) \qquad [H^+] = C_a = 0,1 \text{ M olur.}$$

0,1 M   0,1 M   0,1 M

$pH = -\log[C_a]$ $\quad pH = -\log 10^{-1}$ $\quad pH = 1$ şeklinde ifade edilir.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **25 °C'ta 0,1 M NaOH çözeltisinin pOH ve pH değerini bulunuz.**

Çözüm

NaOH suda tamamen iyonlaşan, kuvvetli ve 1 hidroksit iyonu olan bazdır.

$$NaOH(k) \xrightarrow{H_2O(s)} Na^+(suda) + OH^-(suda)$$
0,1 M — 0,1 M — 0,1 M

OH^- iyonu derişimi $[OH^-] = C_b = 0,1$ olduğuna göre

$pOH = -log[OH^-] = -log\ 0,1 = -log\ 10^{-1}$ pOH = 1'dir.   pH + pOH = 14 ise   pH = 13 olur.

2. **25 °C'ta pH değeri 5 olan HBr çözeltisindeki hidrojen ve hidroksit iyon derişimini bulunuz.**

Çözüm

pH = 5 $[H^+] = 10^{-pH}$ M $[H^+] = 10^{-5}$ M

pH + pOH = 14   5 + pOH = 14   pOH = 9

$[OH^-] = 10^{-pOH}$ M $[OH^-] = 10^{-9}$ M

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **25 °C'ta 0,001 M HCl çözeltisinin pH değerini bulunuz.**

2. **25 °C'ta 0,02 M LiOH çözeltisinin pH değerini bulunuz.** (log 2 = 0,3)

Zayıf monoprotik asit ve bazlarda pH hesabı

Zayıf monoprotik asit ve bazların sulu çözeltilerinin pH değerlerini bulmak için iyonlaşma denge bağıntısından ve denge sabitinden yararlanılır. Zayıf asit "HA" ile gösterilir.

	$HA(suda) + H_2O(s)$	$\longrightarrow H_3O^+(suda)$	$+ A^-(suda)$
Başlangıç:	C_a	-	-
Değişim:	-x	+x	+x
Denge anı:	C_a - x	x	x

HA asidi zayıf asit olduğundan ve çok az iyonlaşacağından x değeri C_a değeri yanında ihmal edilir.

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \frac{x \cdot x}{C_a - \cancel{x}} \rightarrow \text{ihmal edilir.}$$

$K_aC_a = x^2$ $[H^+] = x$ olduğu için $[H^+]^2 = K_aC_a$ $[H^+] = (K_aC_a)^{1/2}$ olur.

Zayıf bazlar için de aynı işlemler uygulandığında $[OH^-] = (K_bC_b)^{1/2}$ bulunur.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **25 °C'ta 0,02 molarlık zayıf monoprotik HA asidinin asitlik sabiti $2 \cdot 10^{-6}$ dır. Bu çözeltinin pH değerini bulunuz.** (log 2 = 0,3)

Çözüm

HA, asitlik sabiti küçük olduğu için zayıf bir asittir. Hidrojen iyon derişimi aşağıdaki gibi yazılabilir.

C_a: Asidin derişimi olduğuna göre C_a = 0,02 M olur.

$[H^+] = (K_aC_a)^{1/2}$ $[H^+] = (2 . 10^{-6} \cdot 0,02)^{1/2}$ $[H^+] = 2 . 10^{-4}$ M

$pH = -log[H^+] = -log\ 2 \cdot 10^{-4} = -(log\ 2 + log\ 10^{-4})$ pH = -(0,3 - 4) = 3,7   olur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. 25 °C'ta 0,01 molarlık zayıf monoprotik BOH bazının bazlık sabiti $1 \cdot 10^{-4}$ tür. Bu çözeltinin pOH değerini bulunuz.

6.10. YORUM SİZDE **Asit Yağmuru**

Yönerge: Aşağıdaki görsel ve metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.



Asit yağmurlarının zarar verdiği bitki örtüsü

Enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtların tüketilmesi ve emisyonlarının atmosfere salınması sonucu hava kirliliği oluşmaktadır. Bu kirliliğin rüzgâr yoluyla taşınması da asit yağmurlarına neden olmaktadır.

Asit yağmurları kükürt oksitler ve azotlu bileşiklerin atmosferde su ile tepkimeye girerek sülfürik asit (H_2SO_4) ve nitrik aside (HNO_3) dönüşmesi sonucu oluşur. Kükürt oksitler ve azotlu bileşikler araçların egzozlarından, endüstriyel alanlardan, ısınmak için fosil yakıt kullanımı sonucu bacalardan atmosfere salınır.

pH değeri 5'in altındaki tüm yağışlar asit yağmuru olarak tanımlanır. Asit yağmurları ile ilgili gözlem ve ölçümler, dünya genelinde yapıldığı gibi Türkiye'de de yapılmaktadır. Türkiye'nin belirli bölgelerinden toplanan yağış örnekleri incelendiğinde sonbaharda yağışların pH değerinin 4, ilkbahar ve yaz aylarında ise 5 civarında olduğu gözlemlenmiştir.

1. Asit yağmurlarına sebep olan sülfürik asit ve nitrik asidin sudaki iyonlaşma tepkimelerini yazınız.

2. Farklı mevsimlerde toplanan yağış örneklerinin pH değerinin farklı olmasının sebepleri nelerdir?

3. Sonbahar, ilkbahar ve yaz aylarında toplanan yağış örneklerindeki hidrojen iyon derişimini hesaplayınız.

6.3.6. TAMPON ÇÖZELTİLERİN ÖZELLİKLERİ

Birçok kedi ve köpek, araç radyatörlerinden sızan antifrizi içtiği için zehirlenir. Antifriz, etilen glikolün ($HOCH_2CH_2OH$) sulu çözeltisidir ve içildiğinde canlıların karaciğerinde glikolik aside ($HOCH_2COOH$) dönüşür. Karaciğerden kana geçen glikolik asit kanın asitliğini artırır. Asitliğin artması kanın pH değerini düşürür, oksijen taşımasını azaltır. Kandaki birçok protein ve diğer maddeler düşük pH değerinde işlevini yerine getiremeyebilir. İnsan kanının pH değeri de vücut fonksiyonlarının devamlılığı için çok önemlidir. Kandaki maddelerin görevlerini yerine getirebilmeleri için insan kanının pH değeri 7,36 ve 7,46 arasında olmalıdır.

Kanın pH değerinin 7,36 ve 7,46 arasında kalması asidik veya bazik faktörlere rağmen nasıl sağlanır?

Kanda karbonik asit (H_2CO_3) ve bikarbonat iyonu (HCO_3^-) karışımı bulunur. Karbonik asit kandaki bazik maddeleri, bikarbonat iyonu kandaki asidik maddeleri aşağıda verilen tepkimelerdeki gibi nötrleştirir.

$$H_2CO_3(suda) + OH^-(suda) \rightleftharpoons H_2O(s) + HCO_3^-(suda)$$

$$HCO_3^-(suda) + H^+(suda) \rightleftharpoons H_2CO_3(suda)$$

Tepkimelerdeki karbonik asit ve karbonat iyonu kanın pH değerini sabit tutan tampon çözeltileri oluşturur. Biyolojik ve kimyasal olayların birçoğundaki tampon çözeltiler, canlı organizmalar açısından çok önemlidir. Canlı organizmalardaki tamponların en önemlilerinden biri de yukarıda söz edildiği gibi kanın pH değerinin belirli aralıkta olmasını sağlayan HCO_3^-/H_2CO_3 tampon sistemidir. Mide öz suyunun pH değeri yaklaşık 1,5 iken kanın pH değeri 7,36-7,46 arasındadır. Osmotik basıncın dengelenmesi ve enzimlerin tam olarak çalışabilmesi tampon sistemlerle sağlanır.

Tampon Çözeltiler

Tampon çözeltiler, pH değişikliklerine direnç gösterme yeteneğine sahip çözeltilerdir. Ortamda ya zayıf asit ve onun eşlenik bazı ya da zayıf baz ve onun eşlenik asidinin bulunması ile oluşur. pH değişimini engellerken hem proton kaynağı hem de proton bağlayıcı olarak davranır. Kuvvetli asitlerden proton alan zayıf baz ve kuvvetli bazlara proton veren zayıf asitten oluşan tampon çözeltiler, ortama az miktarda asit veya az miktarda baz eklendiğinde çözeltinin pH değerinin değişmesini engeller (Tablo 6.6). Kuvvetli asit veya baz ilavesinden sonra tampon çözeltilerin pH değeri arasında genelde iki birim fark olur. Örneğin amonyak ve amonyum klorür tamponunun etkili olduğu pH aralığı 8,2-10,2'dir.

Tablo 6.6: *Bazı Asidik ve Bazik Tamponlar*

Bileşik		pK_a
Asidik Tamponlar	$HClO_2/ClO_2^-$	2,00
	HNO_2/NO_2^-	3,37
	$CH_3COOH/CH_3CO_2^-$	4,74
Bazik Tamponlar	$H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$	7,21
	NH_4^+/NH_3	9,25
	$(CH_3)_3NH^+/(CH_3)_3N$	9,81

BİLİYOR MUSUNUZ?

Silikat ve hidrojen karbonatlar sayesinde okyanusların pH değeri 8,4 civarına tamponlanmıştır.

İstenen pH değerinde bir tampon çözelti oluşturmak için

1. İstenen pH değerine yakın pK_a değerine sahip zayıf bir asit seçilir.
2. İstenen pH değerini verecek [eşlenik baz] / [asit] oranı hesaplanır.
3. İstenen eşlenik baz ve asit derişimleri hesaplanır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Aşağıdaki tabloda verilen maddelerin tampon çözelti özelliği durumlarını (gösterir/göstermez) ve gerekçelerini boş bırakılan yerlere yazınız.

Çözüm

Madde	Tampon Çözelti Özelliği Gösterir/Göstermez	Gerekçesi
Kan	Gösterir.	Asit ve baz dengededir.
Sirke	Göstermez.	Asidiktir.
Çamaşır suyu	Göstermez.	Baziktir.
Ter	Gösterir.	Asit ve baz dengededir.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki asetik asit dengesi, tepkimeye kuvvetli bir asit veya baz ilave edildiğinde nasıl değişiklik gösterir? Açıklayınız.

$$CH_3COOH(s) + H_2O(s) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + CH_3COO^-(suda)$$

6.3.7. TUZLARIN ASİT-BAZ ÖZELLİĞİ

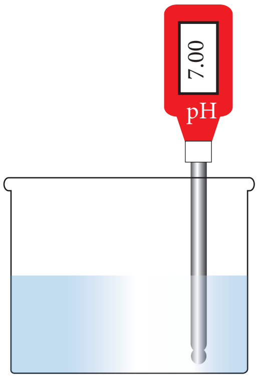
Tuz, ilk çağlardan beri hayatın önemli bir parçasıdır. Ticarette kullanılmış, altınla eş değer sayılmış, uğruna savaşlar yapılmış, masal ve hikâyelere konu olmuştur. Tuz ile yiyecekler korunmuş, maaşlar ödenmiştir. İnsan sağlığı için önemli olan tuz; sinir sisteminin çalışması, su ve mineral dengesinin sağlanması, kasların gevşeyip kasılması için gereklidir.

Sofra tuzu olarak bilinen sodyum klorürün kütlece %40'ı sodyum, %60'ı klordur. Tuzlar asidin bazla veya asidin metalle tepkimesinden elde edilir. Farklı yöntemlerle elde edilen tuzlar birbirinden farklı özelliklere sahiptir.

Asidin bazla tepkimesinden elde edilen tuzlar, asidin metalle tepkimesinden elde edilen tuzlardan neden farklı özellik gösterir?

Tuzlar asit ve bazların tepkimesi sonucunda katyonu bazdan, anyonu asitten gelen iyonik bileşiklerdir. Çözündüklerinde iyonlarına ayrışan tuzların asidik iyonlar sağlaması pH değerinin 7'nin altına düşmesine, bazik iyonlar sağlaması 7'nin üstüne çıkmasına neden olur. Ortamın asidik veya bazik olmasının sebebi hidrolizdir. Sulu çözeltideki iyonların su ile tepkimeye girerek zayıf asit veya zayıf baz oluşturmasına **hidroliz** adı verilir. İyonların çözeltide gösterdikleri asitlik-bazlık özelliklerine bağlı pH değerleri nedeniyle tuz çözeltileri nötr, asidik veya bazik olarak adlandırılır. Tuzlar sulu çözeltisinde oluşturdukları $[OH^-]$ ve $[H^+]$ derişimine göre sınıflandırılabilir.

Çözeltinin pH değerini hesaplamak için $[H^+]$ ve $[OH^-]$ derişimleri kullanılır. Ortamın pH değeri ölçülerek çözeltinin asidik mi, bazik mi olduğu anlaşılır.



$[H^+] = [OH^-]$ ise nötrdür.
pH = 7

Görsel 6.15: *Nötr tuzun pH ölçümü*

NÖTR TUZ

Kuvvetli asit ve kuvvetli bazın tepkimesi ile oluşan, suda çözündüğünde nötr çözelti oluşturan tuzlardır. Tuzu oluşturan anyon ve katyonlar kuvvetli asit ve kuvvetli bazdan geldiği için hidroliz olmaz. Ortam nötr olur.

Tuzu oluşturan asit ve baz için K_a (katyon) = K_b (anyon) olur. Nötr tuzlarda pH = 7'dir (Görsel 6.15).

$$HCl(suda) + KOH(suda) \rightleftharpoons KCl(k) + H_2O(s)$$

Kuvvetli asit — Kuvvetli baz — Nötr tuz — Su

$$KCl(k) \longrightarrow K^+(suda) + Cl^-(suda)$$

ASİDİK TUZ

Kuvvetli asit ve zayıf bazın tepkimesi ile oluşan, suda çözündüğünde asidik çözelti oluşturan tuzlardır.

Tuzu oluşturan asit ve baz için K_a (katyon) > K_b (anyon) olur. Asidik tuzlarda pH < 7'dir (Görsel 6.16).

$$H_2SO_4(suda) + 2NH_3(suda) \rightleftharpoons (NH_4)_2SO_4(k)$$

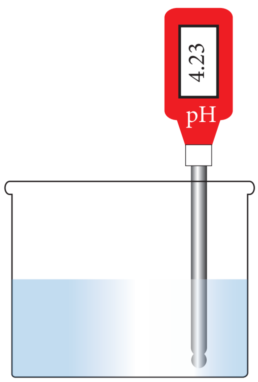
Kuvvetli asit — Zayıf baz — Asidik tuz

$$(NH_4)_2SO_4(k) \rightleftharpoons 2NH_4^+(suda) + SO_4^{-2}(suda)$$

Kuvvetli asitten gelen anyon hidroliz olmaz, zayıf bazdan gelen katyon hidroliz olur. Katyon, su ile tepkimeye girdiğinde bir proton (H^+ iyonu) vererek eşlenik bazını oluşturur. NH_3 ve H_3O^+ iyonu oluştuğu için çözelti ortamı asidik olur.

$$NH_4^+(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons NH_3(suda) + H_3O^+(suda)$$

Zayıf bazdan gelen katyon — Eşlenik baz



$[H^+] > [OH^-]$ ise asidiktir.
pH< 7

Görsel 6.16: *Asidik tuzun pH ölçümü*

BAZİK TUZ

Zayıf asit ve kuvvetli bazın tepkimesi ile oluşan, suda çözündüğünde bazik çözelti oluşturan tuzlardır.

Tuzu oluşturan asit ve baz için K_a (katyon) < K_b (anyon) olur. Bazik tuzlarda pH > 7'dir (Görsel 6.17).

$$HF(suda) + KOH(suda) \rightleftharpoons KF(k)$$

Zayıf asit   Kuvvetli baz   Bazik Tuz

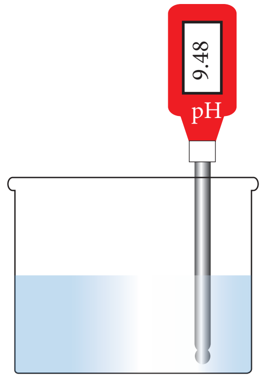
$$KF(k) \rightleftharpoons K^+(suda) + F^-(suda)$$

Zayıf asitten gelen anyon hidroliz olur, kuvvetli bazdan gelen katyon hidroliz olmaz.

$$F^-(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons HF(suda) + OH^-(suda)$$

Zayıf asitten gelen anyon   Eşlenik asit

tepkimesi sonucunda HF ve OH^- iyonu oluştuğu için çözelti ortamı bazik olur.



$[H^+] < [OH^-]$ ise baziktir.
pH > 7
***Görsel 6.17:** Bazik tuzun pH ölçümü*

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Aşağıdaki tuzları "nötr, asidik, bazik" olarak sınıflandırınız. Sınıflandırma nedenlerini yazınız.

a) $NaNO_3$ **b)** KCN   **c)** $(NH_4)_2SO_4$

Çözüm

1. **a)** $NaNO_3$: Nötr tuz

$NaNO_3$ kuvvetli bir asit olan HNO_3 ve kuvvetli bir baz olan NaOH bazının tepkimesi sonucunda meydan gelen nötr bir tuzdur.

b) KCN: Bazik tuz

KCN zayıf bir asit olan HCN ve kuvvetli bir baz olan KOH bazının tepkimesi sonucunda meydana gelir. Kuvvetli bazdan gelen K^+ katyonu hidroliz olmaz, zayıf asitten gelen CN^- iyonu suda hidroliz olur. Bu nedenle KCN bazik tuzdur.

c) $(NH_4)_2SO_4$: Asidik tuz

$(NH_4)_2SO_4$, zayıf bir baz olan NH_3 ve kuvvetli bir asit olan H_2SO_4 asidinin tepkimesi sonucunda meydana gelir. Zayıf bazdan gelen NH_4^+ katyonu; suda hidroliz olur, kuvvetli asitten gelen SO_4^{2-} iyonu hidroliz olmaz. Bu nedenle $(NH_4)_2SO_4$ asidik tuzdur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Yandaki tabloda verilen tuzları sulu çözeltilerindeki pH değerlerine göre "nötr, asidik, bazik" olarak belirleyiniz.

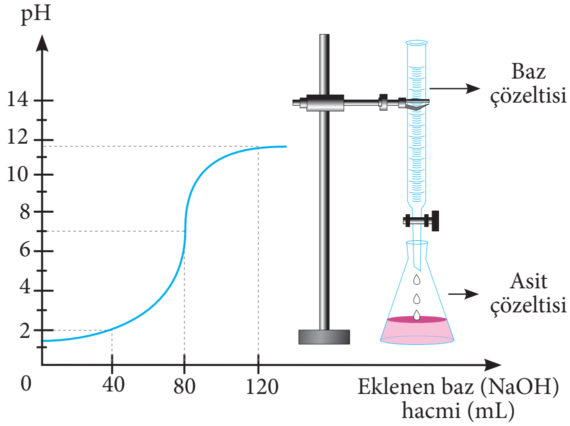
Tuz	pH Özelliği
Na_2SO_4	
$NaHCO_3$	
NH_4Cl	

6.3.8. KUVVETLİ ASİT-BAZ TİTRASYONU

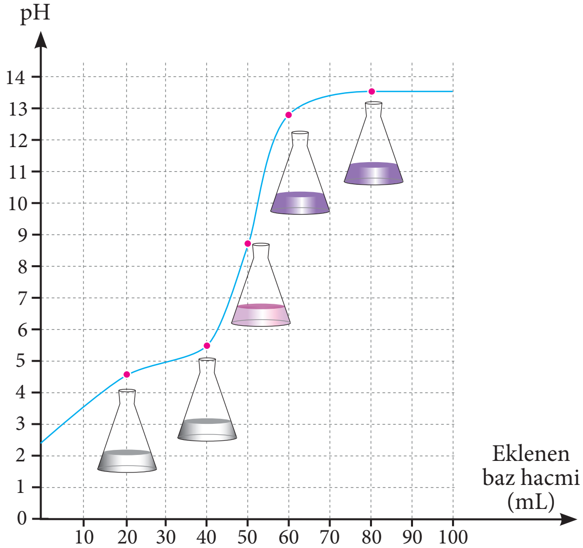
Günümüzün en büyük küresel sorunlarından biri çevre kirliliğidir. Özellikle endüstriyel atıklar suların ve toprağın kirlenmesine ve önemli bir kısmının kullanılamaz hâle gelmesine neden olur. Suların kirlenmesi çok ciddi sağlık sorunlarını ortaya çıkarabilir. Sulardaki kirliliğin ciddi sorunlara neden olmasını engellemek için bilim insanları içme ve kullanma suyu kaynaklarından, akarsulardan, göllerden ve denizlerden belli periyotlarla örnekler almakta ve analizler yapmaktadır.

? Bir çevre bilimci meydana gelen toplu balık ölümlerini incelemek için akarsudan örnek alır. Sudaki asit miktarını tam olarak tespit etmek için örneğe nasıl bir işlem uygulamalıdır?

Çevre bilimci balık ölümlerini incelerken öncelikle sudaki asit derişimini bulmalıdır. Birçok olayın çözümlenmesinde de asit veya bazın derişiminin bulunması gerekebilir. Derişimi bilinmeyen bir asit veya baz çözeltisinin hacmi ve derişimi, derişimi ve hacmi bilinen veya hacmi hesaplanabilen bir baz veya asit çözeltisi kullanılarak bulunabilir. Asidin veya bazın derişiminin bulunmasında kullanılan bu yönteme **titrasyon** denir.



Grafik 6.11: *Baz çözeltisi ilave edilen asit çözeltisinin değişen pH grafiği*



Grafik 6.12: *Fenolftalein indikatörü bulunan asit çözeltisinin baz çözeltisi ile titrasyonu*

Titrasyon yönteminde standart çözelti ve indikatör kullanılır. Derişimi kesinlikle bilinen, hacmi ise bilinen veya hesaplanabilen çözeltilere **standart çözelti** denir. **İndikatör** ise bazı organik veya inorganik (anorganik) maddelerin ortamın pH aralığına göre renk değiştirmesini sağlayan maddedir (metil oranj, timol mavisi ve fenolftalein gibi).

Titrasyon yönteminde erlenmayere hacmi bilinen ve derişimi bulunmak istenen kuvvetli asit çözeltisi konur ve asit çözeltisine uygun indikatör (örneğin fenolftalein) damlatılır. Bürette kuvvetli baz çözeltisi vardır. Büretin musluğu açılır ve baz çözeltisi erlenmayerdeki asit çözeltisine damla damla eklenir. Bu sırada çözeltinin karışması için erlenmayer yavaş yavaş çalkalanır. Asit çözeltisi titre edildiğinde kuvvetli asidin pH değerinin Grafik 6.11'de olduğu gibi zamanla 0'dan 14'e çıktığı görülür. Bu işlem hidronyum iyonları ile hidroksit iyonlarının birbirini nötrlediği noktaya kadar devam eder. Bu noktaya **eşdeğerlik noktası** denir. Eşdeğerlik noktasında pH değerinde meydana gelen değişiklik çözeltinin rengini değiştirir. Eşdeğerlik (dönüm) noktasında çözeltinin pH değeri 7'dir. Çözelti başta asidik özellik gösterirken eşdeğerlik noktası sonrasında bazik özellik gösterir. Fenolftalein ($C_{20}H_{14}O_4$) indikatörü asidik ve nötr çözeltilerde renksiz, bazik çözeltilerde ise mora yakın pembedir (Grafik 6. 12). Titrasyon yönteminde eşdeğerlik noktasına kadar eklenen maddenin (asit veya baz) hacminin bilinmesi diğer maddenin (baz veya asit) derişiminin hesaplanmasında kullanılır. Titrasyon yönteminde çözeltinin değişen pH değerinin grafiğe aktarılmasıyla oluşan eğriye **pH eğrisi** denir. pH değerinin eklenen asidin veya bazın miktarına göre değişimini gösteren pH eğrileri ile pH grafikleri (titrasyon grafikleri) çizilebilir.

Çözeltinin pH değerini hesaplamak için $[H^+]$ ve $[OH^-]$ derişimleri kullanılır. Titrasyon yönteminde çözeltideki asidin veya bazın derişimi aşağıdaki formülle bulunur.

$$n_{H^+} = n_{OH^-}$$

$$M_A V_A = M_B V_B$$

$$M_A = \frac{n_A}{V_A} \qquad M_B = \frac{n_B}{V_B}$$

$$n_A = M_A V_A \qquad n_B = M_B V_B$$

Titrasyon sırasında asidin suda oluşturduğu H^+ iyonu ve bazın suda oluşturduğu OH^- iyonu sayıları önemlidir. Bu sayılara **değerlik** denir. Örneğin HBr bileşiği 1, H_2CO_3 bileşiği 2, H_3PO_4 bileşiği 3 değerlikli asittir.

Titrasyon yönteminde kullanılan asit veya bazın değerlikleri farklı ise asit veya bazın derişimi aşağıdaki formül ile bulunabilir.

$M_A\, V_A\, D_A = M_B\, V_B\, D_B$

M_A = Asidin molaritesi

V_A = Asit çözeltisinin hacmi

D_A = Asidin değerliği

M_B = Bazın molaritesi

V_B = Baz çözeltisinin hacmi

D_B = Bazın değerliği

6.11. YORUM SİZDE Titrasyon

Yönerge: Aşağıdaki metinden yararlanarak soruları cevaplayınız.

İlaç sektöründe çalışan Melis Hanım, ilaçların saflığını analiz etmek için asit-baz titrasyonu yöntemini kullanmaktadır.

Melis Hanım'ın yaptığı titrasyon yöntemiyle ilgili aşamalar karışık olarak verilmiştir. Aşamaların doğru sıralamasını verilen boşluğa yazınız.

I. $M_A\, V_A\, D_A = M_B\, V_B\, D_B$ formülünden asidin derişimi bulunur.

II. Derişimi ve hacmi bilinen baz çözeltisi erlenmayere doldurulur.

III. Erlenmayerdeki çözelti renk değiştirdiği anda büretin musluğu kapatılır.

IV. Standart çözelti bürete doldurulur.

V. Büretteki çözelti yavaş yavaş erlenmayerdeki çözeltiye ilave edilir.

VI. Büretteki çözeltiden harcanan asidin hacmi belirlenir.

VII. Erlenmayerdeki derişimi bilinen çözeltiye fenolftalein indikatörü damlatılır.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. Standart koşullarda 40 mL KOH çözeltisi 0,3 M HBr çözeltisi ile titre ediliyor. İndikatör olarak metil oranj kullanılan titrasyonda indikatörün rengi değiştiği anda 20 mL asit harcandığı belirleniyor.

a) KOH çözeltisinin derişimi kaç M olur?

b) Titrasyonun grafiğini çiziniz.

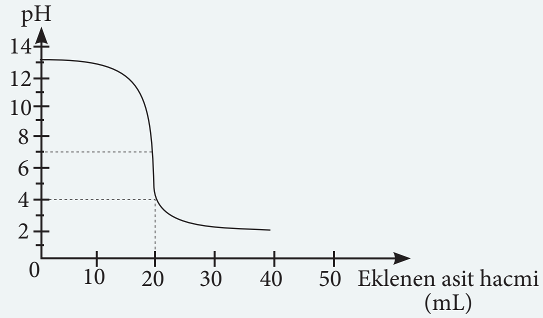
Çözüm

a) $M_A\, V_A\, D_A = M_B\, V_B\, D_B$

$0{,}3 \cdot 20 \cdot 1 = M_B \cdot 40 \cdot 1$

$M_B = 0{,}15$ M

b)



2. Standart koşullarda aşağıdaki grafik 0,02 M'lık HCl ile 0,02 M'lık NaOH nötrleşmesi sırasındaki pH değişimini göstermektedir. **Karışımdaki H^+ iyonları derişiminin $1 \cdot 10^{-12}$ M olması için karışıma ne kadar baz ekleneceğini bulunuz.**

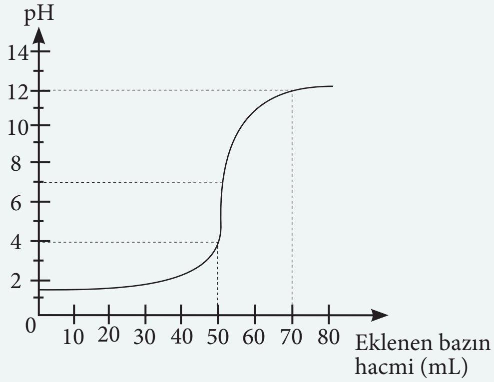
Çözüm

Grafiğe göre pH = 7 olduğunda bazın hacmi 50 mL'dir.

$[H^+] = 10^{-12}$ M ise pH = 12 demektir.

pH = 12'i oluncaya kadar ilave edilen bazın hacmi 70 mL olmalıdır.

70 - 50 = 20 mL daha baz eklenmelidir.



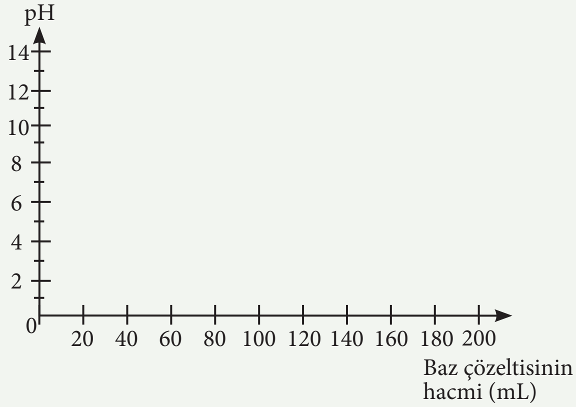
ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Standart koşullarda 0,2 M 100 mL H_2SO_4 çözeltisi, 0,2 M $Ca(OH)_2$ çözeltisi ile titre ediliyor.

a) $Ca(OH)_2$ çözeltisinin hacmini bulunuz.

b) Oluşan karışımın pH değerini bulunuz.
(log 5 = 0,7)

c) Eklenen $Ca(OH)_2$ hacmi-pH değişimini yandaki grafik üzerinde çizerek titrasyonun eşdeğerlik noktasını gösteriniz.



2. Standart koşullarda 250 mL 0,4 M XOH çözeltisi 0,2 M HY ile titre ediliyor.

a) Eşdeğerlik noktasına ulaşmak için kullanılan asit kaç mL'dir?

b) Eşdeğerlik (dönüm) noktasındaki pH değerini bulunuz.

c) Eşdeğerlik noktasından sonra çözeltiye 250 mL daha 0,2 M HY çözeltisi ilave edilirse çözeltinin yeni pH değeri ne olur?

(log 5 = 0,7)

6.1. LABORATUVAR ETKİNLİĞİ Titrasyon

DENEYİN AMACI **Süre:** 40 dakika

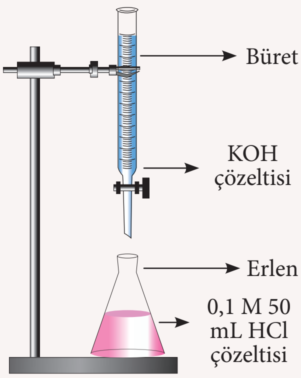
Asit-baz titrasyonunu gözlemleyebilme.

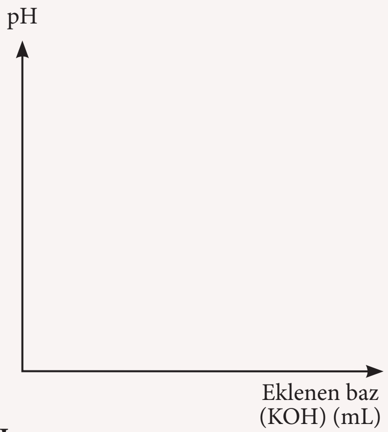
Yönerge: Deney basamaklarını takip ederek deneyi gerçekleştiriniz. Deneyle ilgili soruları cevaplayınız.

Araç Gereç: 50 mL 0,1 M HCl çözeltisi, derişimi bilinmeyen KOH çözeltisi, büret, erlenmayer, dereceli silindir, fenolftalein indikatörü, üçayak, destek çubuğu, bağlama aparatı, kıskaç, damlalık.

DENEYİN BASAMAKLARI

1. Öğretmeniniz rehberliğinde dörder kişilik gruplara ayrılınız.
2. Titrasyon düzeneğini kurunuz.
3. Erlenmayere 50 mL 0,1 M HCl (kuvvetli asit) çözeltisi ekleyerek çözeltinin üzerine birkaç damla fenolftalein indikatörü damlatınız.
4. Derişimi bilinmeyen KOH (kuvvetli baz) çözeltisini bürete doldurunuz.
5. Baz çözeltisi damlayacak şekilde büretin musluğunu açınız ve çözeltinin erlenmayerdeki asit çözeltisine karışması için erlenmayeri yavaş yavaş çalkalayınız.
6. Pembe renk sabitleninceye kadar (dönüm noktası) karışıma baz ilave ediniz. Renk sabitlenince musluğu kapatınız.
7. Büretteki hacim değişimini belirleyiniz.
8. Deneyi üç kez tekrarlayınız. Hacim değişiminin ortalamasını alınız.
9. Deney verilerini kullanarak aşağıda verilen pH-eklenen baz grafiğini çiziniz.
10. $M_A \cdot V_A \cdot D_A = M_B \cdot V_B \cdot D_B$ bağıntısını kullanarak bazın (büretteki çözelti) derişimini bulunuz.





DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Başlangıçtaki kuvvetli asidin (HCl) mol sayısını bulunuz.

2. Titrasyonda gerçekleşen tepkimeyi yazınız.

3. Harcanan KOH çözeltisinin hacmi kaç mL'dir?

4. KOH çözeltisinin molaritesini bulunuz.

5. Dönüm noktasındaki pH değeri nedir?

ELEKTRONİK TABLOLAMA PROGRAMI KULLANILARAK TİTRASYON YÖNTEMİNE YÖNELİK HESAPLARIN KURGULANMASI

Elektronik tablolama yöntemi kullanılarak titrasyon grafiği çizilebilir. Titrasyon elektronik ortamda grafik üzerinde incelenebilir. Aşağıda HCl ve KOH çözeltilerinin titrasyonu ile ilgili değerler verilmiştir.

1. Tablodaki verilerden yararlanarak $[H^+]$-$[OH^-]$ grafiği ve pH-eklenen KOH çözeltisinin hacim grafiğini elektronik tablolama programı kullanarak oluşturunuz. Programa farklı değerler girerek grafikleri yorumlayınız. (log 2 = 0,3 log 4 = 0,6 log 5 = 0,7)
2. Laboratuvar Etkinliği 6.1'de elde edilen sonuçlarla tablo 6.7'deki verileri karşılaştırınız.

Tablo 6.7: *50 mL 0,1 M HCl Çözeltisinin 0,2 M KOH Çözeltisi ile Titrasyonu*

HCl (mL)	KOH (mL)	Toplam Hacim (mL)	H^+ Mol Sayısı	OH^- Mol Sayısı	Fazla İyon Derişimi (M)	pH
50	0	50	$5 \cdot 10^{-3}$	0	0,10 $[H^+]$	1
50	5	55	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	7,2 . 10^{-2} $[H^+]$	1,14
50	10	60	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	5 . $10^{-2}$$[H^+]$	1,3
50	15	65	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$$[H^+]$	1,5
50	20	70	$5 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	1,43 · 10^{-2} $[H^+]$	1,85
50	24,99	74,99	$5 \cdot 10^{-3}$	4,99 · 10^{-3}	1,33 . $10^{-4}$$[H^+]$	4,57
50	25	75	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	0	7
50	25,01	75,01	$5 \cdot 10^{-3}$	5,01 · 10^{-3}	1,33 · 10^{-4} $[OH^-]$	9,43
50	30	80	$5 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	1,25 · 10^{-2} $[OH^-]$	12,1
50	35	85	$5 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	2,4 · 10^{-2} $[OH^-]$	12,38
50	40	90	$5 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	3,3 · 10^{-2} $[OH^-]$	12,52
50	45	95	$5 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	4,2 · 10^{-2} $[OH^-]$	12,62
50	50	100	$5 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$ $[OH^-]$	12,7

6.12. YORUM SİZDE Elektronik Tablolama ve Titrasyon

Yönerge: Aşağıda verilen bilgilerden yararlanarak soruları cevaplayınız.

1. **Tablodaki boşlukları doldurunuz.**
2. **Elektronik tablolama programı kullanarak tablodaki verilerle pH-eklenen NaOH derişimi grafiğini oluşturunuz ve grafiği yorumlayınız.** (log 2 = 0,3 log 4 = 0,6 log 5 = 0,7)

Tablo: *20 mL, 0,2 M HNO_3 Çözeltisinin 0,1 M NaOH Çözeltisi ile Titrasyonu*

HNO_3 (mL)	NaOH (mL)	Toplam Hacim (mL)	H^+ Mol Sayısı	OH^- Mol Sayısı	Fazla İyon Derişimi (M)	pH
20	0					
20	5					
20	10					
20	15					
20	20					
20	25					
20	30					
20	35					
20	40					

6.3.9. ÇÖZÜNME-ÇÖKELME TEPKİMELERİ

Pamukkale travertenleri, dünyada benzeri nadir görülen oluşumlardır. Travertenler, az çözünen tuzların çözünme-çökelme tepkimelerinin sonucunda oluşur. Kaynaktan çıkan suyun içinde yüksek miktarda kalsiyum karbonat bulunur. Çözelti sıcaklığı 35,6 °C olan kalsiyum karbonatın havadaki oksijen ile tepkimesi sonrasında karbon dioksit ve karbon monoksit gazları açığa çıkar. Tepkime sonrasında çöken kalsiyum karbonat traverten oluşumuna neden olur. Termal sudaki karbon dioksit ile havadaki karbon dioksit dengeye gelince çökelme durur.

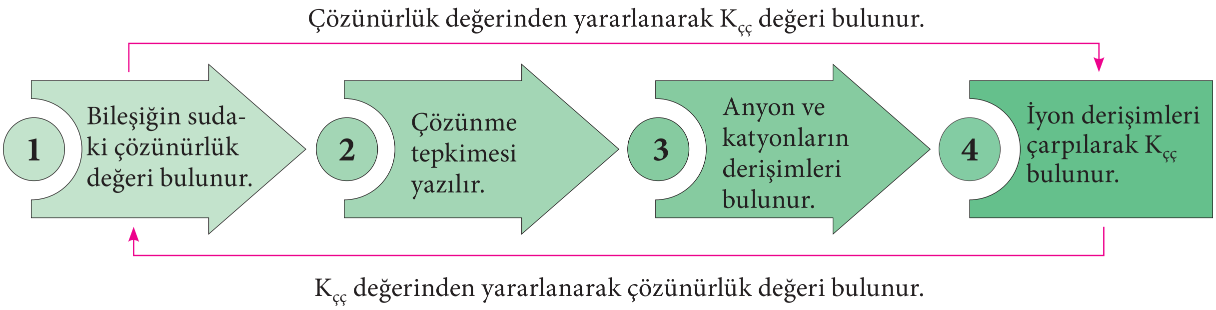
UNESCO Dünya Kültür Mirası Listesi'nde yer alan Pamukkale travertenlerindeki çöken kalsiyum karbonat nasıl korunmalıdır?

Doğal ortamda çözünme çökelme tepkimesi ile oluşan travertenlerin ve mağaralardaki sarkıtların korunması istenirken su boruları ve çaydanlıklarda aynı şekilde oluşan tortular istenmez. İstenmeyen bu tortuların çözünmesi ve ortamdan uzaklaştırılması kimyasal tepkimelerle sağlanır.

Bir maddenin (su veya çözücüsünde) iyon ya da moleküllerine ayrılıp homojen dağılmasına **çözünme**, suda çözünen iki iyonik bileşiğin karıştırılması sonucu suda çözünmeyen bir katı oluşmasına ise **çökelme** denir. Tuzların sudaki çözünme veya çökelme tepkimeleri doğada en çok karşılaşılan tepkimelerdir.

Tuzların sudaki çözünürlükleri birbirinden farklıdır. Bazı tuzlar suda çok çözünürken bazıları az çözünür. Az çözünen tuzlar çöker. Tuz çözeltisindeki iyonlarla tuz katısı arasında heterojen bir denge oluşur. Denge sırasında çöken tuz miktarı ile çözünen tuz miktarı eşittir. Bu dengeye **çözünürlük dengesi** denir. Çözünürlük dengesinin denge sabitine **çözünürlük çarpımı** veya **çözünürlük çarpımı sabiti** adı verilir. Çözünürlük çarpımı "$K_{çç}$" ile gösterilir. Denklem yazılırken iyon derişimleri çarpılır. İyonların önündeki katsayılar iyonların derişimlerinin üzerine üs olarak yazılır. Katılar ve sıvılar çözünürlük çarpımı bağıntısında yer almaz. Örneğin gümüş iyodür çözünme-çökelme tepkimesi yazıldığında AgI katı olduğundan $K_{çç}$ bağıntısında yer almaz.

$$AgI(k) \underset{\text{Çökelme}}{\overset{\text{Çözünme}}{\rightleftharpoons}} Ag^{+}(suda) + I^{-}(suda) \qquad K_{çç} = [Ag^{+}][I^{-}]$$



ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **Aşağıda verilen CaF_2 ve $Mg(OH)_2$ katılarının çözünürlük çarpımı bağıntılarından yararlanarak çözünme tepkimelerini yazınız.**

   a) $K_{çç} = [Ca^{2+}][F^{-}]^2$

   b) $K_{çç} = [Mg^{2+}][OH^{-}]^2$

   Çözüm

   a) $CaF_2(k) \rightleftharpoons Ca^{2+}(suda) + 2F^{-}(suda)$

   b) $Mg(OH)_2(k) \rightleftharpoons Mg^{2+}(suda) + 2OH^{-}(suda)$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. Aşağıdaki katıların çözünürlük dengesini ve $K_{çç}$ bağıntılarını yazınız.

a) AgBr

b) Ag_2SO_4

c) CuS

ç) $BaCO_3$

ÇÖZÜNÜRLÜK ÇARPIMI VE ÇÖZÜNÜRLÜK

Bir maddenin suda moleküllerine veya iyonlarına maksimum ayrışmasına **çözünürlük**, doymuş çözeltinin 1 litresinde çözünmüş olan maddenin mol sayısına ise **molar çözünürlük (mol/L)** denir.

Çözünürlük çarpımı, iyonik bileşiğin suda ne kadar çözündüğünü gösteren, deneysel sonuçlar ile ulaşılan sayısal değerdir (Tablo 6.8). $K_{çç}$ sayısal değerinin küçük olması o tuzun suda az çözündüğünü gösterir. Örneğin demir(II) sülfürün çözünürlük çarpımı $K_{çç} = 6{,}0 \cdot 10^{-19}$ olduğundan suda çözünürlüğünün az, çözünürlük çarpımı $K_{çç} = 8{,}0 \cdot 10^{-6}$ olan kalsiyum hidroksidin ($Ca(OH)_2$) ise suda çözünürlüğünün demir(II) sülfüre göre daha çok olduğu söylenebilir. İyonik bir bileşik için $K_{çç}$ veya çözünürlük değerleri örnek çözümdeki gibi bulunabilir.

Tablo 6.8: *Suda Az Çözünen Bazı Bileşiklerin 25 °C'taki Çözünürlük Çarpımı Değerleri*

Bileşiğin Adı	Formülü	$K_{çç}$
Bakır(I) bromür	CuBr	$4{,}2 \cdot 10^{-8}$
Baryum karbonat	$BaCO_3$	$8{,}1 \cdot 10^{-9}$
Cıva(II) sülfür	HgS	$4{,}0 \cdot 10^{-54}$
Çinko hidroksit	$Zn(OH)_2$	$1{,}8 \cdot 10^{-14}$
Çinko sülfür	ZnS	$3{,}0 \cdot 10^{-23}$
Demir(II) hidroksit	$Fe(OH)_2$	$1{,}6 \cdot 10^{-14}$
Demir(III) hidroksit	$Fe(OH)_3$	$1{,}1 \cdot 10^{-36}$
Demir(II) sülfür	FeS	$6{,}0 \cdot 10^{-19}$
Gümüş klorür	AgCl	$1{,}6 \cdot 10^{-10}$
Gümüş sülfat	Ag_2SO_4	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$
Kalsiyum florür	CaF_2	$4{,}0 \cdot 10^{-11}$
Kalsiyum hidroksit	$Ca(OH)_2$	$8{,}0 \cdot 10^{-6}$
Kalsiyum karbonat	$CaCO_3$	$8{,}7 \cdot 10^{-9}$
Kobalt(II) sülfür	CoS	$4{,}0 \cdot 10^{-21}$
Krom(III) hidroksit	$Cr(OH)_3$	$3{,}0 \cdot 10^{-29}$
Kurşun(II) kromat	$PbCrO_4$	$2{,}0 \cdot 10^{-14}$
Kurşun(II) sülfür	PbS	$3{,}4 \cdot 10^{-28}$
Magnezyum hidroksit	$Mg(OH)_2$	$1{,}2 \cdot 10^{-11}$
Mangan(II) sülfür	MnS	$3{,}0 \cdot 10^{-14}$
Stronsiyum karbonat	$SrCO_3$	$1{,}6 \cdot 10^{-9}$

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **Sabit sıcaklıkta CuBr katısının çözünürlük çarpımı $4 \cdot 10^{-8}$ olduğuna göre çözünürlüğünü bulunuz.**

Çözüm

$CuBr(k) \rightleftharpoons Cu^{+}(suda) + Br^{-}(suda)$

x x

$K_{çç} = [Cu^{+}]\ [Br^{-}]$

$4 \,.\, 10^{-8} = x \,.\, x$ $x^2 = 4 \,.\, 10^{-8}$ $\sqrt{x^2} = \sqrt{4 \cdot 10^{-8}}$ $x = 2 \,.\, 10^{-4}$

2. 25 °C'ta baryum karbonatın ($BaCO_3$) çözünürlük çarpımı $8{,}1 \,.\, 10^{-9}$ dur. **Aynı sıcaklıkta doymuş çözeltideki Ba^{2+} ve CO_3^{2-} iyonlarının derişimlerini bulunuz.**

Çözüm

$BaCO_3(k) \rightleftharpoons Ba^{+2}(suda) + CO_3^{-2}(suda)$

x x

$K_{çç} = [Ba^{2+}][\ CO_3^{2-}]$

$8{,}1 \,.\, 10^{-9} = x \,.\, x$ $x^2 = 8{,}1 \,.\, 10^{-9}$ $\sqrt{x^2} = \sqrt{8{,}1 \cdot 10^{-9}}$ $x = 9 \,.\, 10^{-5}$

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **HgS katısının 25 °C'ta $K_{çç}$ değeri $4 \cdot 10^{-54}$ olduğuna göre Hg^{2+} iyonunun çözünürlüğü kaçtır?**

2. **Oda sıcaklığında doymuş bir bileşik olan $PbCrO_4$ çözeltisinin çözünürlük çarpımı $2 \cdot 10^{-14}$ olduğuna göre çözünürlüğünü bulunuz.**

TUZLARIN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Çözünürlük dengesini ortak iyon etkisi, yabancı iyon etkisi, sıcaklık, pH değişimi, basınç, çözünen ve çözücü türü gibi faktörler etkiler. Sıcaklık ve ortak iyon etkisi bu faktörlerin en önemlilerindendir.

Sıcaklık

Sıcaklığın çözünürlüğe etkisi tepkimenin endotermik veya ekzotermik olma durumuna göre değişir. Endotermik tepkimelerde Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, sıcaklığın etkisini azaltacak yönde değişir. Katıların çözünürlüğü genellikle çözünürlük dengesi için de geçerlidir. Tuzların çözünürlüğü genellikle sıcaklıkla arttığından tuz çözeltileri ısıtıldığında tuzun çözünmesinin, soğutulduğunda ise çökelmesinin arttığı görülür. Örneğin NH_4Cl tuzunun suda çözünmesi endotermiktir.

$NH_4Cl(k) + ısı \rightleftharpoons NH_4^{+}(suda) + Cl^{-}(suda)$

Yukarıdaki tepkimenin sıcaklığı artırıldığında sıcaklığın etkisini azaltmak için tepkime ürünler yönünde gerçekleşir. NH_4^{+} ve Cl^{-} derişimi ile çözünme ve maksimum düzensizlik artar, $K_{çç}$ değeri büyür.

Tepkimenin sıcaklığı azaltıldığında dengenin sağlanması için tepkime girenler yönünde gerçekleşir. Maksimum düzensizlik azalır, $K_{çç}$ değeri küçülür.

Ortak İyon Etkisi

Az çözünen tuz çözeltisine tuzun yapısındaki iyonlardan birini içeren tuz (ortak iyon) veya tuz çözeltisi eklendiğinde çözünürlük azalır. Çözünürlüğün azalmasının sebebi ortak iyon etkisidir. Örneğin AgCl tuzu, Cl^- içeren bir çözeltide çözünürse ürünler tarafındaki Cl^- derişimi artar. Le Chatelier İlkesi'ne göre tepkime dengesi Cl^- derişimini azaltacak şekilde girenler yönünde gerçekleşir. AgCl tuzunun çözünürlüğü azalır, çöken AgCl miktarı artar.

$$AgCl(k) \underset{\text{çökelme}}{\overset{\text{çözünme}}{\rightleftharpoons}} \underset{x}{Ag^+}(suda) + \underset{x}{Cl^-}(suda)$$

$K_{çç} = [Ag^+][Cl^-] = 16 \cdot 10^{-10}$

$16 \cdot 10^{-10} = x \cdot x \Rightarrow 16 \cdot 10^{-10} = x^2 \Rightarrow x = 4 \cdot 10^{-5}$ AgCl tuzunun saf sudaki çözünürlüğüdür.

0,1 M NaCl çözeltisinde AgCl tuzunun çözünürlüğü hesaplanmak istendiğinde NaCl tuzundan gelen Cl^- iyonu derişimini de hesaplamaya katmak gerekir çünkü Cl^- ortak iyondur.

$AgCl(k) \longrightarrow Ag+ (suda) + Cl^- (suda)$

x x (0,1 + x) → İhmal edilir. $K_{çç} = [Ag^+][Cl^-] = 16 \cdot 10^{-10}$

$K_{çç} = [\ x\ ][0,1\ ] = 16 \cdot 10^{-10}$

$x = 16 \cdot \dfrac{10^{-10}}{0,1} = [\ Ag^+\ ] = 16 \cdot 10^{-9}$ M olur.

AgCl tuzunun saf sudaki çözünürlüğü $4 \,.\, 10^{-5}$ M iken 0,1 M'lık NaCl çözeltisinde çözünürlüğü $16 \,.\, 10^{-9}$ M'a düşmüştür.

ÖRNEK ÇÖZÜM

1. **$CaCO_3$ katısının 25 °C'ta 0,3 M $Ca(OH)_2$ çözeltisindeki çözünürlüğü 2.10^{-9} M olduğuna göre aynı sıcaklıktaki kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) $K_{çç}$ değerini bulunuz.**

Çözüm

$Ca(OH)_2\ (k) \longrightarrow Ca^{2+}(suda) + 2OH^-(suda)$

0,3 M 0,3 M 0,6 M

$CaCO_3\ (k) \rightleftharpoons Ca^{2+}(suda) + CO_3^{2-}(suda)$

$(0,3 + \cancel{2 \cdot 10^{-9}})$ mol/L $2 \cdot 10^{-9}$ mol/L
İhmal edilir.

$K_{çç} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = 0,3 \cdot 2 \cdot 10^{-9}$ $K_{çç} = 6 \cdot 10^{-10}$'dur.

ÇÖZEREK ÖĞRENİN

1. **25 °C sıcaklık ve 1 atm basınçta AgCl tuzunun aşağıdaki 1 M'lık çözeltilerdeki çözünürlüklerini karşılaştırarak çözünürlükleri küçükten büyüğe doğru sıralayınız.** (AgCl için $K_{çç} = 16 \,.\, 10^{-10}$)

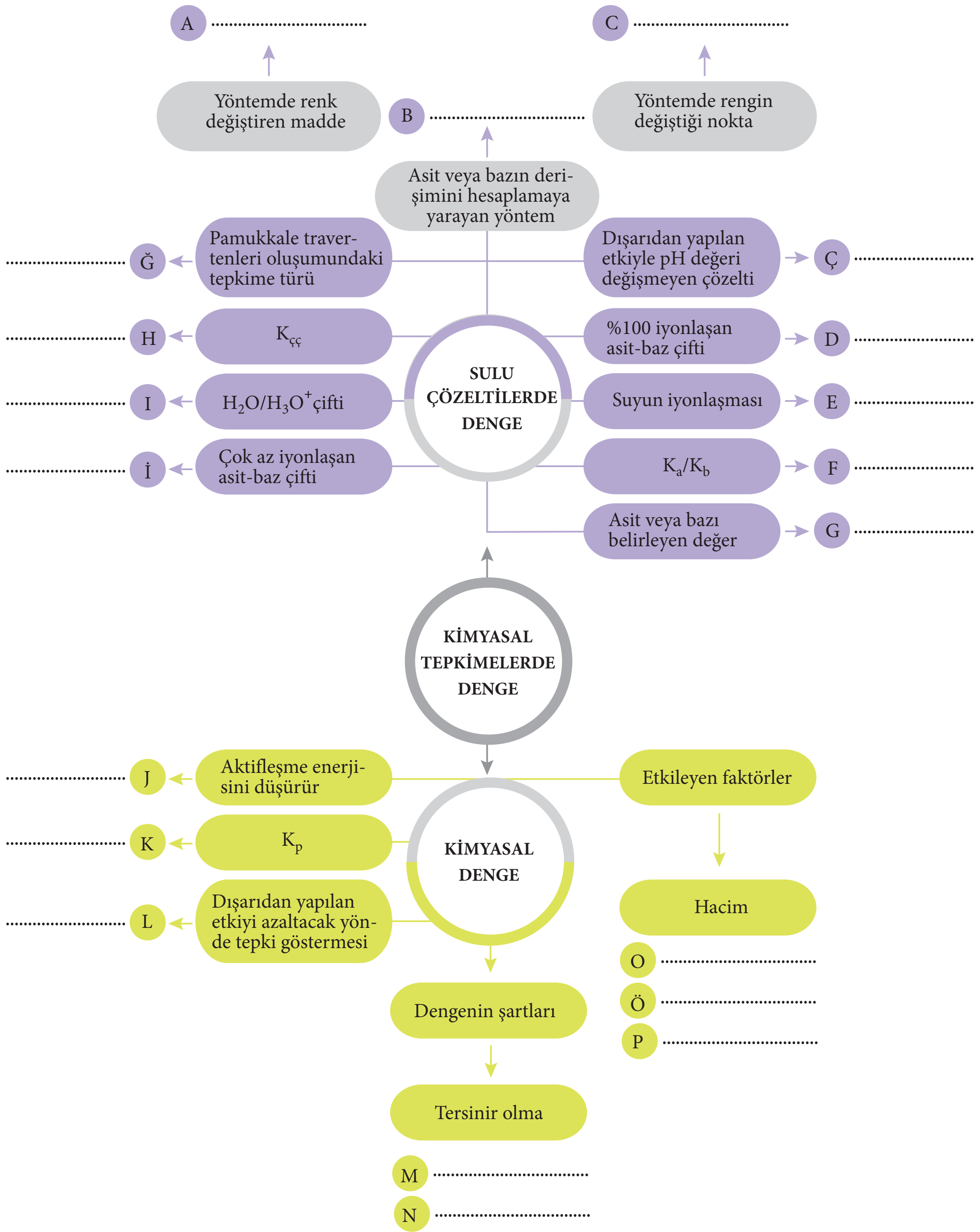
   I. AgI **II. Ag_2SO_4** **III. $PbCl_2$** **IV. KCl**

2. **$Ca(OH)_2$ in 25 °C'ta 0,25 M $Fe(OH)_2$ çözeltisindeki çözünürlüğü kaç mol/L'dir?**
   [$Ca(OH)_2$ için $K_{çç} = 8,0 \,.\, 10^{-6}$]

ÜNİTE SONU SORULARI

Kimyasal tepkimelerde denge ile ilgili aşağıdaki kavram haritasında yer alan boşlukları uygun sözcüklerle doldurunuz.

1.



Aşağıdaki açıklamaları ifadelerle eşleştirerek ayraç içine uygun harfi yazınız.

2.

Harf	Açıklama	İfade
( )	I. Asidin suda oluşturduğu H^+ iyonu ve bazın suda oluşturduğu OH^- sayısı	a) Ortak iyon etkisi
( )	II. Tepkimeye katılan maddelerin aynı fazda oluşması durumunda oluşan denge	b) İndikatör
( )	III. Tuzların çözünürlüğüne etki eden faktör	c) Homojen denge
( )	IV. Aralarında bir proton farkı olan asit-baz çifti	ç) Değerlik
( )	V. Ortamın pH değerine göre renk değiştiren madde	d) Titrasyon
		e) Konjuge asit-baz

Aşağıdaki yargılar doğru ise ilgili yere "D", yanlış ise "Y" yazınız. Yanlış olduğunu düşündüğünüz yargının karşısına nedenini yazınız.

3.

	Yargılar	D/Y	Nedeni
I.	Gaz hâlindeki denge tepkimelerinde girenlerin ve ürünlerin mol sayısı eşitse sistem hacim değişikliğinden etkilenmez.		
II.	Girenlerdeki bir maddenin derişimi artırıldığında tepkime girenler yönünde gerçekleşir.		
III.	Ekzotermik bir tepkimede sıcaklık azaltıldığında tepkime ürünler yönünde gerçekleşir.		
IV.	Gaz hâlindeki denge tepkimelerinde hacmin azaltılması basıncı da azaltır. Bu durumda tepkime mol sayısı çok olan yönde gerçekleşir.		
V.	Endotermik tepkimelerde sıcaklığın artırılması derişim cinsinden denge sabitinin (K_c) de büyümesine neden olur.		

Aşağıdaki metinde boş bırakılan yerleri verilen uygun sözcüklerle doldurunuz.

4.

fiziksel denge, kimyasal denge, maksimum düzensizlik, sıcaklık, kapalı, dinamik, tersinir tepkime, minimum enerji, tersinir, eşit, sabit

Maddelerin hâl değiştirmesi fiziksel değişimi gösterir. Fiziksel durumun zamanla değişmediği tepkimelerdeki denge durumu [(a)]…………………… …………………… yi oluşturur. Kimyasal tepkimelerde ise ileri tepkime ile geri tepkimenin oluşma hızının [(b)]…………………… olması tepkimenin dengede olduğunu ve [(c)]…………………… …………………… nin kurulduğunu gösterir. İleri ve geri yönde gerçekleşen tepkimelere [(ç)]…………………… …………………… denir ve çift yönlü ok ($\rightleftarrows$) ile gösterilir. Tepkime dengeye geldiğinde gözlenebilen değişiklikler durmuş gibi görünse de gözlenemeyen değişiklikler devam ettiği için denge [(d)]……………………tir. Dengeden söz edebilmek için tepkimelerin [(e)]……………………, [(f)]…………………… ın sabit ve sistemin de [(g)]…………………… olması gerekir. Böylelikle tepkimeye girenlerin ve ürünlerin derişimi de [(ğ)]…………………….. kalır. Denge tepkimelerinde [(h)]…………………… ……………………, minimum enerji yönü genellikle birbirine terstir.

Aşağıdaki açık uçlu soruların cevaplarını boş bırakılan alanlara yazınız.

5. **Aşağıdaki tabloda verilen tepkimelerin maksimum düzensizlik ve minimum enerji yönünü belirleyerek ilgili alanlara yazınız.**

Tepkimeler	Maksimum Düzensizlik	Minimum Enerji
$H_2O(s) \rightleftharpoons H_2O(g)$		
$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(suda)$		
$C_6H_{12}O_6(k) \rightleftharpoons C_6H_{12}O_6(suda)$		
$N_2O_4(g) + ısı \rightleftharpoons 2NO_2(g)$		

6. **Kimyasal tepkimenin dengeye ulaştığı andaki ileri ve geri tepkime hızlarını grafik çizerek açıklayınız.**

7. Belirli bir sıcaklıkta 0,2 M SO_2Cl_2 gazı ile başlatılan $SO_2Cl_2(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + Cl_2(g)$ tepkimesi dengeye ulaştığında 0,12 M klor gazı oluşuyor. **Buna göre aynı sıcaklıkta bu tepkimenin derişim cinsinden denge sabitini bulunuz.**

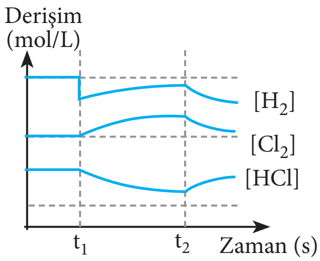
8. Belirli bir sıcaklıkta 0,9 atm A gazı ile başlatılan $A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ tepkimesi dengeye ulaştığında kapta 0,3 atm A gazının kaldığı belirleniyor. **Buna göre aynı sıcaklıkta bu tepkimenin kısmi basınçlar cinsinden denge sabitini bulunuz.**

9. **$CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$ tepkimesinin 298 K'deki kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti (K_p) $2,26 \cdot 10^4$ olduğuna göre aşağıda verilen tepkimeler için aynı sıcaklıktaki K_p değerini bulunuz.**

a) $CH_3OH(g) \rightleftharpoons CO(g) + 2H_2(g)$

b) $\frac{1}{2}CO(g) + H_2(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2}CH_3OH(g)$

10. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ $\Delta H < 0$ tepkimesine ait derişim-zaman grafiği aşağıda verilmiştir.



Dengedeki sisteme t_1 ve t_2 anlarında yapılan etkiler nelerdir?

11. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + ısı$ tepkimesi t_1 anında dengede iken aşağıdaki değişiklikler uygulanıyor.

a) Sıcaklık artırılıyor.

b) Sabit sıcaklıkta ortama bir miktar NH_3 gazı ekleniyor.

c) Sistem t_2 anında tekrar dengeye ulaşıyor.

Değişikliklere göre derişim-zaman grafiklerini çiziniz.

12. Deniz suyu $2 \cdot 10^{-6}$ molarlık OH^- iyon derişimine sahip olduğuna göre hidronyum iyon derişimini hesaplayarak çözeltiyi "nötr, asidik, bazik" olarak sınıflandırınız.

13. Aşağıdaki bazların konjuge asitlerinin formüllerini yazınız.

a) HSO_4^-

b) ClO_4^-

14. Aşağıdaki anyonların çözelti içinde baz gibi davrandığı tepkimeleri nedenleriyle yazınız.

a) CN^-

b) F^-

c) PO_4^{3-}

15. Monoprotik asit olan 270 mg'lık ilaç tableti, asetilsalisilik asit ($C_9H_8O_4$) içerir. **Asetilsalisilik asidin asitlik sabiti $3 \cdot 10^{-4}$ olduğuna göre 50 mL suda çözülen tabletin pH değeri ve iyonlaşma yüzdesini bulunuz.** ($C_9H_8O_4$: 180 g/mol) (log 3 = 0,5)

16. 25 °C'taki monoprotik bir bazın bazlık sabiti $5 \cdot 10^{-8}$ olduğuna göre bazın 0,2 M'lık çözeltisinin pOH değerini bulunuz.

17. Tampon çözeltilere günlük yaşamdan örnekler veriniz.

18. 0,1 M 75 mL HNO_3 çözeltisini tam olarak nötrleştirebilmek için 0,25 M $Mg(OH)_2$ çözeltisinden kaç mL kullanmak gerekir?

19. $X(OH)_2$ katısının sulu çözeltisinin pH değeri 10'dur. **Buna göre aynı sıcaklıkta $X(OH)_2$ katısının $K_{çç}$ değerini bulunuz.**

20. $Ca^{+2}(suda) + CO_3^{-2} \rightleftharpoons CaCO_3(k)$ + ısı tepkimesine göre katısı ile dengede olan çözeltiye aşağıdaki işlemler uygulandığında kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) çözünürlüğü nasıl değişir?

a) Na_2CO_3 katısı ekleniyor.

b) Sıcaklık azaltılıyor.

c) 0,1 M $CaCl_2$ çözeltisi ekleniyor.

21. $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$ tepkimesi için belirli sıcaklıkta 1 L tepkime kabında 0,4 mol CO_2, 1,6 mol H_2, 0,8 mol CO ve 0,8 mol H_2O gazları dengede iken kaba 1,2 mol CO_2 ekleniyor. **Sistem aynı sıcaklıkta dengeye ulaştığında kapta kaç mol CO_2 bulunur?**

Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

22. Denge tepkimeleri ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Denge tepkimeleri tersinir tepkimelerdir ve çift yönlü ok ile gösterilir.
B) Denge tepkimeleri sabit sıcaklıkta gerçekleşir.
C) Denge anında tüm maddelerin derişimleri sabit olur.
D) Denge anında ileri ve geri tepkime hızı eşitlenir.
E) Dengede maksimum düzensizlik ve minimum enerji aynı yöndedir.

23. $N2(g) + 3F2(g) \rightleftharpoons 2NF3(g) \quad \Delta H < 0$
denge tepkimesinde toplam molekül sayısını aşağıdakilerden hangisi artırmaz?

A) N_2 gazının basıncını düşürmek
B) Sıcaklığı yükseltmek
C) Hacmi büyütmek
D) Katalizör kullanmak
E) NF_3 gazının basıncını yükseltmek

24. $NO(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_3(g)$
tepkimesinde derişim türünden denge sabiti ile kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti arasındaki ilişkiyi gösteren bağıntı aşağıdakilerden hangisidir?

A) $K_p = K_c(RT)^1$
B) $K_p = K_c(RT)^3$
C) $K_c = K_p(RT)$
D) $K_c = K_p(RT)^{-1}$
E) $K_c = K_p(RT)^2$

25. $HNO_2(suda) + 2H_2O(suda) \rightleftharpoons 2H_3O^+(suda) + NO_2^-(suda)$ **tepkimesi ile ilgili verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?**

A) Nitroz asidin (HNO_2) konjuge bazı NO_2^- tir.
B) Asit-baz tepkimesidir.
C) HNO_2 ve NO_2^- konjuge asit-baz çiftidir.
D) HNO_2 proton alıcıdır.
E) Nitritin (NO_2^-) eşleniği HNO_2 tir.

26. Oda sıcaklığındaki 0,01 M'lık NaOH çözeltisi ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) pH değeri 12'dir.
B) %100 iyonlaşır.
C) OH^- iyon derişimi 10^{-1} dir.
D) H_3O^+ iyon derişimi 10^{-12} dir.
E) Kuvvetli bazdır.

27. $HCN(suda) + H_2O(suda) \rightleftharpoons H_3O^+(suda) + CN^-(suda)$ **tepkimesi ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?**

A) H_3O^+ proton verdiği için suyun (H_2O) konjuge bazıdır.
B) HCN, su ile tepkimeye giren zayıf asittir.
C) CN^-, proton aldığı için HCN asidinin konjuge bazıdır.
D) Denge tepkimesi olduğu için çift yönlü ok ile gösterilir.
E) HCN/CN^- konjuge asit/baz çiftidir.

28-29. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Hemoglobin, kanda oksijen ve karbon monoksit taşımaktadır. Vücut sıcaklığında gerçekleşen
$HbO_2(suda) + CO(suda) \rightleftharpoons HbCO(suda) + O_2(suda)$
tepkimesine göre karbon monoksit, oksijen taşıyan hemoglobindeki oksijenle yer değiştirir.

28. Aşağıdaki tepkimelerden yararlanarak metinde verilen tepkimenin denge sabiti değerini bulunuz.

$Hb(suda) + O_2(suda) \rightleftharpoons HbO_2(suda) \qquad Kc = 1,8$
$Hb(suda) + CO(suda) \rightleftharpoons HbCO(suda) \qquad Kc = 306$

29. Tepkimenin denge sabitini değiştirmek için ne yapılabilir?

30-31. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Laktik asit ($C_3H_6O_3$), ekşi süt ve lahana turşusu gibi gıdalardaki zayıf monoprotik asittir. İnsan vücudunda yoğun hareket, egzersiz ve koşu sırasında kaslarda birikir. İnsan vücudunun ihtiyacı olan enerjiyi sağlamak için glikoz enerjiye dönüşürken laktik asit oluşur.

$CH_3CH(OH)COOH(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons$

$CH_3CH(OH)COO^-(suda) + H_3O^+(suda)$ tepkimesine sahip olan laktik asidin 0,1 M'lık sulu çözeltisinin pH değeri 5 olduğuna göre

30. Hidronyum-iyon derişimini bulunuz.

31. Laktik asidin asitlik sabiti değerini (K_a) bulunuz.

32-34. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Asit	Kuvvetli / Zayıf	Baz	Kuvvetli / Zayıf
HBr	Kuvvetli	NH_3	Zayıf
$HClO_4$	Kuvvetli	NaOH	Kuvvetli
H_2SO_4	Kuvvetli	KOH	Kuvvetli
H_3PO_4	Zayıf	LiOH	Kuvvetli
H_2CO_3	Zayıf	CH_3NH_2	Zayıf

32. Tabloda verilen bilgilere göre aşağıdaki tuz çözeltilerinin özelliklerini asidik, bazik ve nötr olarak sınıflandırıp ilgili alana yazınız.

Tuz Çözeltisi	Özellikleri (Asidik/Bazik/Nötr)
NaBr	
$LiClO_4$	
K_2SO_4	
Na_3PO_4	
NH_4Br	

Bu ünite ile ilgili daha fazla soruya ulaşmak için karekodu okutunuz.

33. Tabloda verilen bilgilere göre aşağıdaki çözeltilerde hidroliz olabilecek iyonları boşluklara yazınız.

Tuz Çözeltisi	Hidroliz Olan İyon
NaBr	
$LiClO_4$	
K_2SO_4	
Na_3PO_4	
NH_4Br	

34. Kuvvetli asit veya bazdan oluşan tuz çözeltisine ve zayıf asit veya bazdan oluşan tuz çözeltisine birer örnek veriniz.

35-38. soruları aşağıdaki metinden yararlanarak cevaplayınız.

Tuzların sulu çözeltisi elektrolitleri oluşturur. Elektrolitler iletkendir. 19. yüzyılda ilk defa telefon tellerinde kullanılmıştır. Günümüzde de aydınlatma ve anten kabloları başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır.

Elektrolitlerin iletkenlikleri değişiklik gösterir. Örneğin sulu çözeltilerin elektrik iletkenlikleri incelenirken lambalı elektrik sisteminde asetik asit çözeltisi ve sulu amonyak kullanıldığında lamba zayıf ışık verir. Elektrik sisteminde sodyum klorür çözeltisi kullanıldığında lamba kuvvetli ışık verir çünkü sodyum klorür kuvvetli elektrolittir.

35. Metinde geçen tuzun suda çözünme tepkimelerini yazınız.

36. Zayıf tuz çözeltisi ve kuvvetli tuz çözeltisinin suda çözünmesini metindeki bilgilere göre karşılaştırınız.

37. Kuvvetli veya zayıf elektrolitler arasındaki temel fark neden kaynaklanmaktadır?

38. Metinde geçen zayıf ve kuvvetli elektrolitler nelerdir?

CEVAP ANAHTARI

❗ Açık uçlu ve öncüllü sorularda verilmeyen cevaplar öğrencinin yorumuna bırakılmıştır.

1. ÜNİTE SONU SORULARI CEVAP ANAHTARI

Kavram haritası:

1. A) Baş kuantum sayısı / **B)** Manyetik kuantum sayısı / **C)** Spin kuantum sayısı / **Ç)** Orbitale / **D)** Modern atom teorisi (modeli) / **E)** Elementleri / **F)** İyonlaşma enerjisi / **G)** Elektron ilgisi / **Ğ)** Metalik-ametalik özellik / **H)** Asitlik-bazlık özelliği / **I)** s bloku / **İ)** p bloku **J)** d bloku / **K)** Elektron dizilimi / **L)** Hund Kuralı / **M)** Pauli İlkesi

Eşleştirme soruları:

2. I. (c) /**II.** (d) / **III.** (ç) / **IV.** (b)

Doğru-yanlış soruları:

3. I. D / **II.** Y (1. enerji seviyesinden başlanarak yerleştirilir.) / **III.** Y (Elektron başına düşen çekim kuvveti azaldığından atom yarıçapı büyür.) / **IV.** D /**V.** Y (Kimyasal tepkimelerde 1 elektron verir, değerlik elektron sayısı 1 olur. İyon yükü +1'dir.)

Boşluk doldurma soruları:

4. a) düzlemsel / **b)** dairesel / **c)** belli sayıda / **ç)** şekli / **d)** bir / **e)** 3 / **f)** yüksek / **g)** 2 / **ğ)** farklı / **h)** her enerji düzeyinde

Açık uçlu sorular:

5. 5s > 4p > 3d / **6.** X'in atom numarası 17'dir. / **7.** Elektron dizilimi: $_{34}X$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$ / Değerlik orbitali: 4s, 4p / Değerlik elektronu: 6 / Periyodik sistemdeki yeri: 4. periyot, 6A grubu / **8.** 4f > 6s > 3d > 4s > 2p / **10.** X: 2A, Z: 4A

Çoktan seçmeli sorular:

11. E / **12.** E / **13.** D / **14.** A / **15.** D / **16.** E / **17.** B / **18.** A / **19.** A / **20.** E / **21.** C / **22.** C / **23.** D / **24.** A /**25.** E / **26.** D

Öncüllü Sorular:

27. Dokuztaş (Atom yarıçapı değişimine benzer.) / Halat çekme (Elektronegatiflik değişimine benzer.) / Mendil kapmaca (Elektron ilgisi değişimine benzer.) / Sıcak soğuk oyunu (Metalik-ametalik özelliklerin değişimine benzer.)

28. O elementin sahip olduğu katman sayısı, katmandaki elektron sayısı, çekirdeğin çekim gücünün artıp azalması, atom yarıçapı, metalik-ametalik özellikleri, elektronegatifliği gibi özellikler değişimin nedenidir.

32. Vagonlar temel enerji düzeyine, kompartımanlar orbitallere, yolcular elektronlara benzer.

33. 3. vagonun 6 kişilik kompartımanına 4. kişi olarak yerleşir.

34. Elementin yeri A bloktaki 3. kat (5 ok + 2 ok = 7) 7 numaralı odadır.

35. Elementin yeri A bloktaki 3. kat (2 ok) 2 numaralı odadır.

37. Okların yarısının düz, yarısının ters ve tek tek yerleştirilmesi Hund Kuralı'na; okların yarısının düz, yarısının ters yerleşmesi Pauli İlkesi'ne; yoldaki evlerin üzerinde yazan rakamların yükselerek (1, 2, 3 …) yol sonuna doğru ilerlemesi Aufbau Prensibi'nde elektronların düşük enerjili orbitalden başlanarak yüksek enerjili orbitale doğru yerleşmesine benzemektedir.

2. ÜNİTE SORULARI CEVAP ANAHTARI

Kavram haritası:

1. A) Boyle Yasası / **B)** Gay Lussac Yasası / **C)** Avogadro Yasası / **Ç)** Gaz yasaları / **D)** Gaz karışımları / **E)** Toplam basınç / **F)** Kısmi basınç **G)** Kinetik teori / **Ğ)** Gerçek gazlar / **H)** Düşük sıcaklık, yüksek basınçta sıkıştırıldıklarında moleküller arası etkileşim artacağı için sıvılaşır. **I)** İdeal gazlar / **İ)** Yüksek sıcaklık, düşük basınçta ideale yakındır. / **J)** İdeal gaz yasası, / **K)** $P . V = n \cdot R \cdot T$ / **L)** 22,4/273 $\cong$ 0,0821'dir. **M)** Kelvin

Eşleştirme soruları:

2. I (c) / **II** (d) / **III** (ç) / **IV** (b)

Doğru-yanlış soruları:

3. I. Y (Gaz molekülleri birbirinden bağımsız, sürekli ve rastgele hareket eder.) / **II.** D / **III.** Y (Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi sıcaklıkla doğru orantılıdır.) / **IV.** Y (Kinetik teoriye uygungazlar ideal gazlar olarak kabul edilir.) / **V.** D.

Boşluk doldurma soruları:

4. a) difüzyon / **b)** efüzyon / **c)** ters / **ç)** doğru / **d)** yoğunluklarının

Açık uçlu sorular:

5. a) 4 dm^3 / **b)** 2,4 L / **c)** $2 . 10^{-4}$ L

6. a) 304 mmHg / **b)** 0,5 atm / **c)** 0,6 atm.

7. $P_{son} = 2{,}5$ atm

8. Sıcak nedeniyle lastik içindeki gaz genleştiğinden lastiğin basıncı artar. (Gay-Lussac Yasası) / Kâğıt torbada gaz moleküllerinin miktarı artacağı için torbanın hacmi de artar. (Avogadro Yasası) / Gökyüzüne doğru basınç düştüğü için balonun hacmi artar. (Boyle Yasası) / Futbol topunun içindeki gaz soğudukça top büzüşür. (Charles Yasası)

9. Hâl değişimlerinden dolayı donma olayı / Joule-Thomson olayı / Karpuzun ortama ısı vermesi / Joule-Thomson olayı

10. X = 17362,68 L hava gereklidir.

11. b) Sıcak yaz günlerinde otomobil lastiklerinin basıncında oluşan düzensizlik Charles Yasası'nın günlük hayattaki örneklerindendir.

12. V = 0,8 L

13. T = 546 K, n = 0,25 mol, P = 80 atm, V = 8,2 L

14. $\sqrt{2}\ V_A = V_B$

15. t = 127 °C

16. Basınç-hacim değişimi (Boyle Mariotte Kanunu)

17. V = 6,72 L oluşmalıdır.

18. P_{He} = artar, P_{CH_4} = azalır, P_T = artar

19. P_T artar ancak iki katına çıkmaz. CH_4 gazının basıncı iki katına çıkar. Suyun denge buhar basıncı değişmez.

Çoktan seçmeli sorular:

20. E / **21.** A / **22.** B / **23.** D / **24.** C / **25.** A / **26.** D

Öncüllü sorular:

28. Dağdaki hava basıncının düşmesi hacim artmasına neden olur. Bu durum da Boyle Yasası ile açıklanır.

29. V_2 = 0,76 L

31. m = 1,2 g LiH kullanılmıştır.

32. V = 3,36 L hidrojen gazı oluşmuştur.

33. Yeleğin hacmi 4,1 L olduğu için bir miktarı şişmeden kalmıştır.

34. 20/100 = 1/5 olmalıdır.

35. Karbon dioksidin miktarı artacağı için mol kesri büyür.

36. Havadan hafif ve kokulu bir gaz olduğu için.

37. Difüzyon yoluyla.

3. ÜNİTE SONU SORULARI CEVAP ANAHTARI

Kavram haritası soruları:

1. A) Çözünen tanecikleri arasındaki etkileşim zayıflar. / **B)** Çözücü ve çözünen molekülleri etkileşir. / **C)** Doymamış çözelti / **Ç)** Aşırı doymuş çözelti / **D)** Derişik çözelti / **E)** Dipol-dipol / **F)** İyon-dipol / **G)** İyon-indüklenmiş dipol **Ğ)** İndüklenmiş dipol-indüklenmiş dipol / **H)** Hidrojen bağları / **I)** Buhar basıncı alçalması / **İ)** Donma noktası alçalması (kriyoskopi) / **J)** Osmoz / **K)** Ters osmoz / **L)** Çözünürlük / **M)** Sıcaklık / **N)** Basınç / **O)** Çökelme / **Ö)** Molarite / **P)** Molalite

Eşleştirme soruları:

2. I. (c) / **II.** (a) / **III.** (ç) / **IV.** (b)

Doğru-yanlış soruları:

3. I. Y (Aşırı doygun çözeltidir.) / **II.** Y (Doygun çözeltidir.) / **III.** D / **IV.** Y (Doymamış çözeltidir.) / **V.** D

Boşluk doldurma soruları:

4. a) molarite / **b)** molalite / **c)** kütlece yüzde **ç)** hacimce yüzde / **d)** ppm / **e)** koligatif özellikler

Açık uçlu sorular:

5. M = $1 . 10^{-10}$ M

6. X = 1,5 g $AgNO_3$

7. X_{kafur} = 1 / 68, X_{etanol} = 67 / 68

8. M = 2,55 M

9. Y = %24,5

10. Ters osmoz

11. 12,5 g çöker.

12. 150 g çöker.

Çoktan seçmeli sorular:

13. C / **14.** B / **15.** E / **16.** C / **17.** C / **18.** D

Öncüllü sorular:

19. Su polar yapıda olduğu için apolar olan DDT'yi çözemez fakat apolar olan yağ çözer.

20. DDT, vücuttaki yağda belirli bir seviyenin üzerinde birikirse ölümlere neden olabilir.

21. 0,05 ppm

22. M = $2,3 . 10^{-7}$ M

23. Potasyum nitrat (KNO_3), sodyum nitrat ($NaNO_3$), potasyum klorür (KCl), potasyum sülfat (K_2SO_4), sodyum klorür (NaCl)

24. Seryum(III) sülfat ($Ce_2(SO_4)_3$), kadminyum sülfat ($CdSO_4$)

25. Sodyum klorür (NaCl)

26. 35 ^oC'ta çözünürlükleri aynıdır.

27. 50 ^oC'ta sodyum nitratın ($NaNO_3$) çözünürlüğü 115 g/100 g sudur. Seryum(III) sülfatın ($Ce_2(SO_4)_3$ çözünürlüğü sıfıra yakın olduğu için çözünmediği kabul edilir.

28. 70 ^oC'ta potasyum nitratın (KNO_3) çözünürlüğü 140 g/100 g su iken 70 ^oC'ta potasyum klorürün (KCl) çözünürlüğü yaklaşık 50 g/100 g sudur.

32. Kireç çözücü, pas çözücü gibi maddeler.

33. Gazların sudaki çözünürlüğünden faydalanılmıştır.

35. M = $5 . 10^{-3}$ M

36. m = $5 . 10^{-3}$ molaldir.

4. ÜNİTE SONU SORULARI CEVAP ANAHTARI

Kavram haritası:

1. A) Eksi (-) / **B)** Ekzotermik tepkime / **C)** Donma / **Ç)** Yoğuşma / **D)** Kırağılaşma / **E)** Artı (+) / **F)** Endotermik tepkime / **G)** Erime / **Ğ)** Buharlaşma / **H)** Süblimleşme / **I)** Hess Yasası / **İ)** Bağ enerjisi (entalpi) / **J)** Bağ uzunluğu / **K)** Standart oluşum entalpisi (ısısı) **L)** Entalpi **M)** Oluşum entalpisi (ısısı) / **N)** ΔH_f

Eşleştirme soruları:

2. I. (b) / **II.** (ç) / **III.** (a) / **IV.** (c)

Doğru-yanlış soruları:

3. I. Y (Endotermik tepkimelerde ürünlerin entalpisi büyüktür.) / **II.** D / **III.** Y (Tepkime entalpisi hesaplanırken ürünlerin entalpileri toplamından girenlerin entalpileri toplamı çıkarılır.) / **IV.** D / **V.** Y (Entalpi değerini değiştirmez.)

Boşluk doldurma soruları:

4. a) endotermik / **b)** ekzotermik / **c)** entalpi / **ç)** küçük / **d)** büyük / **e)** bağ enerjisi / **f)** Hess Yasası

Açık uçlu sorular:

5. X = -122,08 kJ ısı açığa çıkar.

6. Tablodaki sıraya göre $\Delta H < 0$ / $\Delta H < 0$ / $\Delta H > 0$ /$\Delta H < 0$ / $\Delta H > 0$ / $\Delta H < 0$

7. $\Delta H^o > 0$ olduğundan kolonyadaki etanol gaz hâline geçerken ortamdan ısı aldığı için kolonya ele döküldüğünde soğuma hissi verir.

8. $\Delta H^o_{tepkime}$ = -492,6 kJ/mol

9. V = 2632,22 L hidrojen gazı gereklidir.

10. a) Bisikletle 187500 kJ'lük enerji harcanır. / **b)** Otomobille 7557454,31 kJ'lük enerji harcanır.

11. a) 10 kJ/mol / **b)** P=1 atm / **c)** 120 kJ

12. a) I > II > III / **b)** III > II > I

13. a) ΔH_{H_2O} = -252,54 kJ/mol / **b)** 920 kJ / **c)** Elementlerin standart oluşum entalpisi sıfırdır. / **ç)** Entalpi değeri artar.

14. 1162,5 kJ

15. ΔH^o Toplam tep = -184,64 kJ/mol

Çoktan seçmeli sorular:

16. E / **17.** A / **18.** C / **19.** E

Öncüllü sorular:

20. Tepkime ekzotermiktir. İşareti eksidir. /

21. C-H bağı, C-C bağı, O-H bağı, C-O bağı bulunur. /

22. $\Delta H^o_{tepkime}$ = -1648,4 kJ/mol

24. $\Delta H^o_{Toplam\ tep}$ = -202,3 kJ/mol /

25. Ekzotermik tepkime /

26. ΔH = -2043,96 kJ /

27. -1649 kJ /

28. Ekzotermiktir.

5. ÜNİTE SONU SORULARI CEVAP ANAHTARI

Kavram haritası:

1. A) Aktifleşme enerjisi (eşik enerjisi) / **B)** E_{ai} / **C)** E_{ag} / **Ç)** Geri tepkimenin aktifleşme enerjisinin gösterimi / **D)** Hız sabiti / **E)** Sıcaklık **F)** Katalizör / **G)** İnhibitör / **Ğ)** Ortalama tepkime hızı / **H)** Maddenin cinsi / **I)** Sıcaklık / **İ)** Katalizör / **J)** Temas yüzeyi

Eşleştirme soruları:

I. (b) / **II.** (c) / **III.** (a) / **IV.** (d)

Doğru-yanlış soruları:

I. D / **II.** D / **III.** Y (Hız sabiti tepkimenin niteliğine, temas yüzeyine (katılarda), katalizöre ve sıcaklığa bağlıdır.) / **IV.** D / **V.** D

Boşluk doldurma soruları:

a) madde cinsi / **b)** katalizör / **c)** inhibitör / **ç)** temas yüzeyi / **d)** kinetik enerji / **e)** aktifleşmiş kompleks / **f)** eşik enerjisi / **g)** derişim

Açık uçlu sorular:

5. a) Diazot pentaoksidin (N_2O_5) oluşum hızı = 0,074 M/s **b)** $Hız_{NO_2}$ = 0,148 M/s

6. E_{ag} = 404 kJ/mol

7. a) I. grafik için ΔH = -40 kJ/mol, II. grafik için ΔH = -20 kJ/mol, III. grafik için ΔH = 20 kJ/mol

b) I. grafik ekzotermik, II. grafik ekzotermik, III. grafik endotermiktir. /

8. a) Hız = $1,1 \cdot 10^{-5}$ M/s / **b)** Hız = $1,4 \cdot 10^{-5}$ M/s

9. Hız = k[K][L]

10. I > II > III

11. a) Hız = k $[NO]^2[O_2]$ / **b)** Tek basamaklı **c)** k = L^2/mol^2s / **ç)** Hız = $25 \cdot 10^{-6}$ M/s **d)** Tepkime derecesi = 3

12. I. Değişmez. / **II.** Azalır. / **III.** Artar. **IV.** Artar. / **V.** Azalır. / **VI.** Artar. / **VII.** Değişmez. / **VIII.** Değişmez.

Çoktan seçmeli sorular:

13. B / **14.** E / **15.** B / **16.** E / **17.** A / **18.** C

Öncüllü sorular:

19. V = 4,48 L H_2 gazı elde edilir. /

20. Hız = 0,01 M/s /

21. Hız = 0,01 M/s /

22. $\frac{-\Delta[Zn]}{\Delta t} = \frac{-\Delta[HCl]}{2\Delta t} = \frac{+\Delta[ZnCl_2]}{\Delta t} = \frac{+\Delta[H_2]}{\Delta t}$

23. Hız =k[HCl]$[O_2]$ / **24.** Ara ürün HOOCl ve HOCl / **25.** Tepkime derecesi = 2 / **26.** Hız = k[HCl]$[O_2]$ denkleminden k hesaplanır.

27. $4HCl(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g) + 2Cl_2(g)$ /

28. Azalır. /

29. $Hız_{HI}$ = $-5,6 \cdot 10^{-6}$ M/s

30. $Hız_{H_2}$ = $3,5 \cdot 10^{-7}$ M/s, $Hız_{I_2}$ = $3,5 \cdot 10^{-7}$ M/s

6. ÜNİTE SONU SORULARI CEVAP ANAHTARI

Kavram haritası:

1. A) İndikatör / **B)** Titrasyon / **C)** Eşdeğerlik noktası (dönüm noktası) / **Ç)** Tampon çözelti / **D)** Kuvvetli asit-baz / **E)** Oto-iyonizasyon / **F)** Asitlik bazlık sabiti / **G)** pH/pOH / **Ğ)** Çökelme tepkimesi / **H)** Çözünürlük çarpımı / **I)** Eşlenik (konjuge) asit-baz çifti / **İ)** Zayıf asit-baz / **J)** Katalizör / **K)** Kısmi basınç cinsinden denge sabiti / **L)** Le Chatelier İlkesi / **M)** Kapalı sistem / **N)** Sabit sıcaklık / **O)** Sıcaklık / **Ö)** Derişim / **P)** Kısmi basınç/toplam basınç

Eşleştirme soruları:

2.I. (ç) / **II.** (c) / **III.** (a) / **IV.** (e) / **V.** (b)

Doğru-yanlış soruları:

3. I. D / **II.** Y (Tepkime ürünler yönüne gerçekleşir.) / **III.** D / **IV.** Y (Tepkime mol sayısı çok olan taraftan mol sayısı az olan tarafa doğru gerçekleşir.) / **V.** D

Boşluk doldurma soruları:

4. a) fiziksel denge / **b)** eşit / **c)** kimyasal denge / **ç)** tersinir tepkime / **d)** dinamik / **e)** tersinir / **f)** sıcaklık / **g)** kapalı / **ğ)** sabit / **h)** maksimum düzensizlik

Açık uçlu sorular:

5. ürünler/girenler, girenler/ürünler, ürünler/girenler, ürünler/girenler

7. $K_c = 0{,}18$'dir.

8. $K_p = 4{,}8$ olur.

9. a) $CH_3OH(g) \rightleftharpoons CO(g) + 2H_2(g)$ tepkime ters çevrilmiştir. Bu nedenle $K_p = 1 / 2{,}26 \,.\, 10^4$ olur.

b) $1/2CO(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 1/2CH_3OH(g)$ tepkimedeki katsayılar 2'ye bölünmüştür. Bu nedenle $K_p = (2{,}26 \,.\, 10^4)^{1/2}$ olur. /

10. t_1 anında sistemdeki H_2 gazının, t_2 anında da sistemin sıcaklığı azaltılmıştır.

12. Baziktir.

13. a) HSO_4^-/H_2SO_4 / **b)** $ClO_4^-/ HClO_4$

14. a) $CN^-(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons HCN(suda) + OH^-(suda)$ (CN^- iyonu sudan bir proton alarak baz gibi davranır.)

b) $F^-(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons HF(suda) + OH^-(suda)$ (F^- iyonu sudan bir proton alarak baz gibi davranır.)

c) $PO_4^{3-}(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}(suda) + OH^-(suda)$ (PO_4^{3-} iyonu sudan bir proton alarak baz gibi davranır.)

15. pH = 2,5 / İyonlaşma yüzdesi = %10

16. pOH = 4 olur.

17. Vücuttaki bikarbonat/karbonik asit dengesi, fosfat ve protein tampon sistemleri, fermantasyon, hemoglobin vb. /

18. 15 mL

19. $K_{çç} = 5 \,.\, 10^{-13}$

20. a) Artar. / **b)** Azalır. / **c)** Azalır. / **21.** 1,2 mol

Çoktan seçmeli sorular:

22. E / **23.** D / **24.** C / **25.** D / **26.** C / **27.** A

Öncüllü sorular:

28. $K_c = 170$ /

29. Sıcaklığı değiştirmek gerekir. /

30. $[H_3O^+] = 10^{-5}$ M / **31.** $K_a = 10^{-9}$ /

32. Nötr / Nötr / Nötr / Bazik / Asidik /

33. NH_4^+ / PO_4^{3-} /

34. Kuvvetli asit-bazdan oluşan tuz: NaCl / Anyonu zayıf asitten ya da katyonu zayıf bazdan gelen tuz: NH_4NO_3 /

35. $NaCl(k) \longrightarrow Na^+(suda) + Cl^-(suda)$, $CH_3COOH (suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons CH_3COO^-(suda)+ H_3O^+(suda)$ /

1. ÜNİTE ÇÖZEREK ÖĞRENİN CEVAP ANAHTARI

1. BÖLÜM (s. 27) 1. Şifre 123 / **2.** A: 4p B: 1s / A: 5s B: 3p / A: 4d B: 3s / A: 4s B: 2p / A: 4p B: 2p / **3.** 2s / n = 2 / $\ell = 0$ / $m_\ell = 0$ / 3s / n = 3 / $\ell = 0$ / $m_\ell = 0$ / 3d / n = 3 / $\ell = 2$ / $m_\ell = -2, -1, 0, +1, +2$ / 4p / n = 4 / $\ell = 1$ / $m_\ell = -1, 0, +1$

2. BÖLÜM (s. 37) 1. D, D, Y (Elektronlar enerji seviyelerine düşük enerji seviyesinden yüksek enerji seviyesine göre yerleşir.), D /

2. a) $_5B: 1s^2\ 2s^2\ 2p^1$ (⇅) (⇅) (↑) ( ) ( ) / $_{14}Si : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$ (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (↑) (↑) ( ) / $_{15}P : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$ (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (↑) (↑) (↑) / $_{18}Ar: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) / **b)** Elementler / Boş / Yarı Dolu / Dolu / $_5B$ / 2 / 1 / 2 / $_{14}Si$ / 1 / 2 / 6 / $_{15}P$ / - / 3 / 6 / $_{18}Ar$ / - / - / 9 / **3. a)** $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (⇅) (↑) / **b)** AN = 17 / **c)** 3. periyot 7A grubu / **ç)** p bloku / **4.** $_{17}Cl\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ / $_{17}Cl^-\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ / $_{13}Al\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$ / $_{13}Al^{3+}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ / $_8O\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ / $_8O^{2-}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ / $_{29}Cu\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$ / $_{29}Cu^+\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$

3. BÖLÜM (s. 47) 1. I. İyonik yarıçap / II. Kovalent yarıçap / III. van der Waals yarıçap / **2. a)** $_8O^{2-} > {_8O^-}$ / **b)** $_{15}P^{3-} > {_{15}P} > {_{15}P^{5+}}$ / **3. a)** 1. iyonlaşma enerjisi / **b)** 3. iyonlaşma enerjisi / **c)** 2. iyonlaşma enerjisi / **4.** Asit / HCl / Baz / NaOH, $Mg(OH)_2$ / Asidik oksit / SO_3, N_2O_5 / Bazik oksit / Na_2O /Amfoter oksit / Al_2O_3 / Nötr oksit / NO

4. BÖLÜM (s. 59) 1. $_{11}Na: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ s orbitali ile bittiği için s blokunda bulunur. / $_{26}Fe: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$ d orbitali ile bittiği için d blokunda bulunur. / $_{17}Cl : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ p orbitali ile bittiği için p blokunda bulunur. / **2. a)** Na, K / **b)** Mg, Ca / **c)** Al, O, Si / **ç)** Fe **(s. 61) 1. a)** $_{19}K : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$ / $_8O: 1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ / $_{10}Ne: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ / $_{27}Co: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^7$ / **b)** $_{19}K$: s bloku / $_8O$: p bloku / $_{10}Ne$: p bloku / $_{27}Co$: d bloku / **c)** $_{19}K$: 4. periyot 1A grubu / $_8O$: 2. periyot 6A grubu / $_{10}Ne$: 2. periyot 8A grubu / $_{27}Co$: 4. periyot 8B grubu / **ç)** $_{19}K$: İyonik bağ / $_8O$: İyonik bağ, Kovalent bağ / $_{10}Ne$: Bağ yapmaz / $_{27}Co$: İyonik bağ, Metalik bağ / **d)** $_{19}K$: +1 / $_8O$: -2 / $_{10}Ne$: - / $_{27}Co$: +1, -2 / **e)** $_{10}Ne < {_8O} < {_{27}Co} < {_{19}K}$ / **2.** Element / Karşılık gelen harf / Blok adı / $_{20}Ca$ / Z / s / $_{58}Ce$ / U / f / $_{16}S$ / X / p / $_{35}Br$ / Y / p / $_{29}Cu$ / T / d / **3.** C > B > A > D

5.BÖLÜM (s. 65) 1. $_{17}Cl: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ / -1, +1, +3, +4, +5, +6, +7 / **2.** $Li\underline{N}O_3$, +5 / **3. a)** $NaH\underline{C}O_3$ / +4 / **b)** $\underline{Br}O_4^-$ / +7 / **c)** $K_2\underline{Cr_2}O_7$ / +6

2. ÜNİTE ÇÖZEREK ÖĞRENİN CEVAP ANAHTARI

1. BÖLÜM (s. 79) 1. a) 2 atm = 1 520 mmHg / **b)** 95 cmHg = 950 Torr / **c)** 0,5 atm = 380 mmHg / **ç)** 2 280 Torr = 3 atm / **d)** 0,2 atm = 152 mmHg = 152 Torr / **e)** 3 Torr = 3 mmHg / **f)** 38 Torr = 0,05 atm = 3 ,8 cmHg / **2. a)** 4 dm^3 = 4 L = 4 000 mL / **b)** 3 L = 3 000 mL / **c)** 1 000 mL = 1 L / **ç)** 0,3 dm^3 = 3 . 10^{-4} m^3 = 300 cm^3 = 0,3 L / **d)** 500 mL = 0,5 L

2. BÖLÜM (s. 86) 1. t_2 = 177 °C **(s. 89) 1. a)** P_2 = 2 atm / **b)** P_2 = 1,25 atm / **c)** V_2 = 10 L / **2.** t_2 = 327 °C **(s. 93) 1.** t = 546 °C / **2.** P = 1 atm / **3.** d_{Ne} / d_{CO_2} = 5 / 11 / **4.** M_A = 60 g/mol / **5.** Mol kütlesi küçük olduğu için He ideal gaza daha yakındır.

3. BÖLÜM (s. 99) 1. X = 16 g/mol / **2.** CH_4 2 birim, SO_2 1 birim hareket eder. 8 numarada karşılaşırlar. / **3.** CH_4 1 birim, He 2 birim hareket eder. 150 / 3 = 50 cm CH_4 50 cm yol alır.

4. BÖLÜM (s. 102) 1. a) n_T =10 mol / X_A = 0,2 / X_B = 0,3 / X_C = 0,5 / **b)** P_A = 0,4 / P_B = 0,6 / P_C = 1,0 / **2.** $m_{C_3H_6}$ = 8,4 g m_{O_2} = 25,6 g **(s. 103) 1.** P_{H_2} = 730,57 mmHg **5. BÖLÜM (s. 107) 1.** Su buhar olur. / Karbon dioksit gaz olur. / Karbon dioksit katı olur. **(s. 108) 1.** X: Üçlü nokta / Y: Kritik nokta / Z: Buhar / T: Katı hâlini gösterir. / **2.** Gerçek gazlarda sıcaklık düştüğünde moleküllerin ortalama kinetik enerjileri düşerken molekülün hareketi yavaşlar ve gaz molekülleri birbirine yaklaşır. Moleküller arası çekim kuvvetleri artar ve gazlar sıvılaşır. Tüm gazlar gerçek gazdır. Düşük sıcaklık yüksek basınçta moleküller arası etkileşimlere sahiptir. / **3.** Gaz yasalarına uyan, molekülleri birbirinin davranışından etkilenmeyen ve molekülleri arasında çekim kuvveti olmayan varsayımsal gazlara ideal gazlar denir. Mol kütlesi küçük olan ideale yakındır. İdeale en yakın gaz CH_4 gazıdır.

3. ÜNİTE ÇÖZEREK ÖĞRENİN CEVAP ANAHTARI

1. BÖLÜM (s. 121) 1. a) NH_3 – H_2O / Hidrojen Bağı, Dipol-dipol etkileşimi / **b)** $MgCl_2$ - H_2O / İyon-dipol etkileşimi / **c)** CS_2 - CH_4 / İndüklenmiş dipol-İndüklenmiş dipol etkileşimi / **ç)** H_2S - CCl_4 Dipol-indüklenmiş dipol etkileşimi / **2.** Çözünme süreci bu etkileşimler sayesinde üç basamakta gerçekleşir: Çözücü tanecikleri arasındaki etkileşim zayıflar, tanecikler birbirinden ayrılır. / Çözünen tanecikler arasındaki etkileşim zayıflar, çözünen tanecikler birbirinden ayrılır. / Çözücü ve çözünen tanecikler birbirleriyle etkileşime girerek birbiriyle karışır ve boşlukları doldurur. Tanecikler arası etkileşim ne kadar güçlü olursa çözünme de o kadar fazla olur.

2. BÖLÜM (s. 126) 1. grup m = 85 g / 2. grup V = 4 000 mL / 3. grup M = 4,5 molar / 4. grup M = 0,25 M **(s. 127) 1.** m = 131,2 g / **2.** m = 0,4 molal **(s. 128-129) 1.** %10 / **2.** 200 g suda / **3.** $m_{çözelti}$ = 80 g **(s. 129) 1.** %25 olur. **(s. 130 / 1. çözerek öğrenin) 1.** Y_{son} = %52,17 olur. **(s. 130 / 2. çözerek öğrenin) 1.** M = 1,2 molar **(s. 131) 1.** %32 **(s. 132) 1.** $X_{gliserol}$ = 0,1 / X_{su} = 0,3 / X_{etanol} = 0,6 **(s. 133) 1.** m = 18 . 10^{-4} g / **2.** 2 ppm

3. BÖLÜM (s. 136) 1. IV < III < I < II / Çözeltide çözünen madde miktarı fazla olduğunda su moleküllerinin yüzeyden uzaklaşması zorlaşır. Buharlaşma ve buhar basıncı azalır. **(s. 138 / 1. çözerek öğrenin) 1. a)** $C_6H_{12}O_6$ / 1 tanecik / **b)** $MgCO_3$ / 2 tanecik / **c)** KCl / 2 tanecik / **d)** $Ca_3(PO_4)_2$ / 5 tanecik **(s. 138 / 2. çözerek öğrenin) 1.** T_d = -0,93 °C **(s. 141) 1.** T_d = -7,44 °C / T_k = 102,08 °C

4. BÖLÜM (s. 149) 1. Çözünürlük 50 g / 100 g su / **2.** X = 1 050 g su gerekir. / **3.** 10 g tuz eklenmelidir. / **4.** Sıcaklık 40 °C'tur. / **5.** 60 g / 100 g su

5. BÖLÜM (s. 153) 1. 200 g/100 g sudur . **(s. 154) 1.** Y maddesinin çözünürlüğü sıcaklıkla artarken X ve Z maddelerinin çözünürlüğü sıcaklıkla azalır. / **2.** X ve Z gaz olabilir. Gazların çözünürlüğü sıcaklık arttıkça azalır.

4. ÜNİTE ÇÖZEREK ÖĞRENİN CEVAP ANAHTARI

1. BÖLÜM (s. 169) 1. Yalnız II / **2.** $\Delta H_{Ürünler}$ = -128 kJ

2. BÖLÜM (s. 173) 1. a) $\Delta H^o_{tepkime}$ = +255,79 kJ/mol / **b)** $\Delta H^o_{tepkime}$ > 0 olduğu için tepkime endotermiktir. **2.** -393,5 kJ/mol / **(s. 176) 1. a)** 2X + Y → X_2Y / **b)** $\Delta H_{ürün}$ = 80 kJ/mol / **c)** $\Delta H^o_{tepkime}$ = -200 kJ enerji açığa çıkar. /

3. BÖLÜM (s. 181) 1. a) $\Delta H^o_{tepkime}$ = -234,5 kJ/mol / **b)** $\Delta H^o_{tepkime}$ = -676 kJ/mol / **2.** C-Cl = 325 kj/mol

4. BÖLÜM (s. 184-185) 1. $\Delta H_{Toplam\ tep}$ = - 1015,4 kJ/mol / **2.** $\Delta H^o_{Toplam\ tep}$ = -72,8 kJ/mol

5. ÜNİTE ÇÖZEREK ÖĞRENİN CEVAP ANAHTARI

1. BÖLÜM (s. 197) 1. a) ΔH pozitif olduğu için tepkime endotermiktir. E_{ai} daha büyüktür. / **b)** E_{ai} = 84 kJ/mol / **(s. 199) 1. a)** Renk değişimi / **b)** Elektrik iletkenliği değişimi / **c)** Basınç-hacim değişimi / **ç)** Çözünme-çökelme **(s. 201) 1.** Hız = $-\Delta[SO_2]/2\Delta t = -\Delta[O_2]/\Delta t = +\Delta[SO_3]/2\Delta t$ / **2.** Δt = 3 saniye / **3.** $Hız_{CO}$ = 0,56 L/s **(s. 202) 1. a)** Hız = 0,0087 M/s / **b)** Hız = 0,0144 M **(s. 202-203) 1. a)** Homojen / **b)** Yanma / **c)** Basınç veya ısı / **2.** Homojen / Tüm maddeler gaz olduğu için. / Heterojen / Maddelerin fazları farklı. / Heterojen / Maddelerin fazları farklı. / Homojen / Tüm maddeler gaz olduğu için

2. BÖLÜM (s. 205) 1. a) Hız = k / 0. dereceden / **b)** Hız = $k[N_2O_5]$ / 1. dereceden / **c)** Hız = $k[H_2][Br_2]$ / 2. dereceden **(s. 208) 1. a)** Hız = $k[X][Y]^2$ / **b)** 3. dereceden / **c)** Çok basamaklı / **ç)** k = 1,2 . 10^{-1} $1/M^2$. s / **d)** k = $1/M^2$. s / **e)** Hız = 9,6 . 10^{-4} M/s

6. ÜNİTE ÇÖZEREK ÖĞRENİN CEVAP ANAHTARI

1. BÖLÜM (s. 226) 1. a) $K_c = [CH_3COOC_2H_5] / [CH_3COOH] [C_2H_5OH]$ / **b)** $K_c = [HBr]^2 / [Br_2] [H_2]$ / **2.** $[Br_2] = [H_2]$ = 2 . 10^{-2} M olur. **(s. 227) 1.** $Q_c = 2/K_c = 1/4$ / $Q_c > K_c$ olduğu için tepkime dengede değildir. / Tepkimenin dengeye ulaşabilmesi için tepkime girenler yönünde gerçekleşmelidir. **(s. 228) 1.** $K_p = P^2_{N_2O_5} / P^4_{NO} . P^3_{O_2}$ **(s. 231) 1.** K = 1,4 . 10^2 bulunur.

2. BÖLÜM (s. 234) 1. a) Denge ürünler yönünde gerçekleşir. / **2. a)** Sıcaklık artmıştır. / **b)** N_2 derişimi 1 birim, H_2 derişimi 3 birim artmış, NH_3 derişimi 2 birim azalmıştır. Derişimlerdeki değişimler mol sayıları ile orantılıdır. / **c)** t_2 zamanından sonra tepkimenin denge bileşenlerinin derişimleri sabit kalmıştır. **(s. 235) 1.** Denge ürünler yönünde gerçekleşir.

3. BÖLÜM (s. 244) 1. n = 5 . 10^{-5} mol / **2. a)** [OH-] = 4 . 10^{-12} M / **b)** $[H^+] > [OH^-]$ olduğu için çözelti asidiktir. **(s. 245) 1. a)** NH_4^+/NH_3, H_2O/OH^- / NH_3 proton aldığı için baz, NH_4^+ ise konjuge asididir. H_2O proton verdiği için asit, konjuge bazı da OH^- olur. / **b)** H_2SO_4/HSO_4^- , H_3O^+/H_2O / Tepkimede H_2SO_4 proton verdiği için asit, HSO_4^- ise konjuge bazıdır. H_2O proton aldığı için baz, konjuge asidi de H_3O^+ olur. / **c)** HF/F^- , HCN/CN^- / Tepkimede HCN proton verdiği için asit, CN^- ise konjuge bazıdır. F^- proton aldığı için baz, konjuge asidi de HF olur **(s. 248) 1. a)** $CH_3COO^-(suda) + H_2O(s) \rightleftharpoons CH_3COOH(suda) + OH^-(suda)$ / OH^- iyonu oluştuğu için ortam bazik. / **b)** $PO_4^{3-}(suda) + 3H_2O(s) \rightleftharpoons H_3PO_4(suda) + 3OH^-(suda)$ / OH^- iyonu oluştuğu için ortam bazik. / **c)** $CO_3^{2-}(suda) + 2H_2O(s) \rightleftharpoons H_2CO_3 (suda) + 2OH^-(suda)$ / OH^- iyonu oluştuğu için ortam bazik. **(s. 251) 1.** pH = 3 olur. / **2.** pH = 12,3 olur. **(s. 252) 1.** pOH = 3 olur. **(s. 253) 1.** Değişmez **(s. 255) 1.** Na_2SO_4 / Nötr / **2.** $NaHCO_3$ / Bazik / **3.** NH_4Cl / Asidik **(s. 258) 1. a)** V_B = 100 mL / **b)** Derişim, hacim ve değerlikleri aynı olduğundan nötrdür. pH = 7'dir. / **2. a)** V_A = 500 mL / **b)** Dönüm noktasında pH değeri 7 olur. / **c)** pH = 1,3 / **(s. 262) 1. a)** $K_{çç} = [Ag^+][Br^-]$ / **b)** $K_{çç} = [Ag^+]^2[SO_4^{2-}]$ / **c)** $K_{çç} = [Cu^{2+}][S^{2-}]$ / **ç)** $K_{çç} = [Ba^{2+}][CO_3^{2-}]$ **(s. 263) 1.** x = 2 . 10^{-27} / **2.** $x = \sqrt{2} \cdot 10^{-7}$ **(s. 264) 1.** Ortak iyon etkisinden dolayı çözünürlük azalır. Bu soru için IV = I > III = II olur. / **2.** X = 32 . 10^{-6} M

"YORUM SİZDE" lerin cevap anahtarına ulaşmak için karekodu okutunuz.

SÖZLÜK

A

absorbsiyon	:	Emilim.
aktifleşme enerjisi	:	Ürün oluşturmak için kimyasal türlerin sahip olması gereken minimum enerji.
analiz	:	Bir özdeğin (maddenin) kimyasal bileşimini nitel ve nicel olarak belirleme.
anlık hız	:	Tepkimenin herhangi bir anında ölçülen hız.
asal gaz	:	Kimyasal tepkimelere girmeyen helyum, neon, argon, kripton, zenon ve radon gazlarının ortak adı.
asitlik sabiti (K_a)	:	Zayıf asidin iyonlaşma denge sabiti.
atmosfer basıncı (atm)	:	Atmosferin etrafını sardığı nesnelere her yönden uyguladığı basınç.
atom yarıçapı	:	Atom çekirdeği ile en son katmandaki elektron arasındaki mesafe.
Aufbau Prensibi	:	Elektronların orbitallere doldurulurken çekirdeğe en düşük enerjili (en yakın) orbitalden başlanarak en yüksek enerjili orbitale doğru doldurulması.
Avogadro sayısı (NA)	:	Bir ögenin bir atom -gramında bulunan atom sayısı ya da molekül yapılı bir özdeğin bir molekül- gramında (bir molünde) bulunan molekül sayısı. [Değeri: 6,0223 . 1023 (atom-gram)-1 ya da (mol)"1.]
Avogadro Yasası	:	Eşit basınç ve sıcaklıkta eşit oylum kaplayan tüm gazlarda, eşit sayıda molekül bulunduğunu belirten yasa.

B

bağ enerjisi	:	Bir bağ oluşurken açığa çıkan veya bağı kırmak için verilmesi gereken enerji.
bağıl nem	:	Belli sıcaklıkta havada bulunan su buharı miktarının, havanın o sıcaklıkta taşıyabileceği en fazla su buharı miktarına oranı.
barometre	:	Atmosfer basıncını ölçmek için kullanılan düzenek.
basınç	:	Birim yüzeyin birim alanına uygulanan kuvvet.
baş grup elementleri	:	A grubu elementlerinin adı.
baz	:	Sulu çözeltiye OH^- (hidroksil iyonu) verebilen madde.
bazlık sabiti (K_b)	:	Zayıf bir bazın iyonlaşma denge sabiti.
Boyle Yasası	:	Farklı elementlerin belirli oranlarda ve kimyasal yöntemlerle bir araya gelerek oluşturduğu saf madde.
Brown hareketi	:	Sabit sıcaklıktaki sabit miktardaki bir gaz için hacim, basınçla ters orantılıdır.
buhar basıncı	:	Belli sıcaklıkta sıvı ya da katısıyla dengede bulunan buharın gösterdiği basınç.

C-Ç

Charles Yasası	:	Sabit basınç ve sabit miktardaki bir gazın hacmi ile mutlak sıcaklığının doğru orantılı olması yasası.
çarpışma teorisi	:	Kimyasal tepkimede kimyasal türlerin yeterli enerji ile çarpışmasını, kimyasal türlerin birbiri ile çarpışma sayısını ve tepkimenin hızını belirleyen teori.
çökelme	:	Bir sıvının içinde erimiş olan katı bir madde, bir ayıracın yardımıyla sıvı dibine çökme.
çökelme tepkimesi	:	Suda çözünen iki iyonik bileşiğin karıştırılması sonucu suda çözünmeyen bir katı oluşması.
çözünme	:	Bir sıvı ile karışan katı, sıvı veya gaz durumundaki bir maddenin bu sıvı içinde homojen bir bütün oluşturacak biçimde karışması.
çözünürlük çarpımı ($K_{çç}$)	:	Doygun bir çözeltide, çözünen yükünlerinin derişimleri çarpımı.

D

dalga boyu	:	Devirli hareketlerde bir devir içindeki hareketin yayıldığı uzaklık, dalga uzunluğu.
Dalton Kısmi Basınçlar Yasası	:	Gazlar, bulundukları kaba tek başına ne kadar basınç uyguluyorsa gaz karışımında da aynı basıncın uyguladığını bildiren yasa.
derişim	:	Bir ortamda bulunan belirli bir maddenin kütle veya hacminin, içinde bulunduğu ortamın kütle veya hacmine oranı, konsantrasyon.
difüzyon	:	Moleküllerin veya iyonların hareket enerjileriyle çok yoğun ortamdan az yoğun ortama hareket etmesi.

dinamik denge	:	Bir kimyasal tepkimede ileri ve geri yöndeki tepkime hızlarının eşit olduğu durum.
dipol-dipol kuvvetleri	:	Polar moleküller arasındaki etkin kuvvetler.
doygun buhar basıncı	:	Su bulunan kabın yüzeyinden ayrılan su molekülü sayısı ile geri dönen su buharı molekül sayısının aynı olması.

E

efüzyon	:	Gaz moleküllerinin bulundukları kabın küçük bir deliğinden çıkarak yayılması.
ekzotermik tepkime	:	Tepkimeye giren bileşiklerin enerjisinin oluşan üründen daha yüksek olması sonucunda ısı açığa çıkaran ve genellikle hızlı yürüyen bir tepkime türü.
elektroliz	:	Bir elektrik akımının etkisiyle ortaya çıkan kimyasal ayrışma.
elektron dizilimi	:	Elektronların atom çekirdeği etrafında orbitallerde düzenlenişi.
elektronegatiflik	:	Bir atomun bağ elektronlarını kendine doğru çekme ve ait olduğu bağın kutuplanmasına neden olma özelliği.
emisyon	:	Maddenin aldığı enerjinin bir kısmını ışıma olarak vermesi (yayınma).
endotermik tepkime	:	Dışarıdan ısı (enerji) alarak gerçekleşen tepkime.
entalpi	:	Bir tepkimede alınan ya da verilen ısı miktarı.
eşdeğerlik noktası	:	Hidronyum iyonları ile hidroksit iyonlarının birbirini nötrlediği nokta.

F

fiziksel değişme	:	Özdeği (maddeyi) oluşturan atomların elektron düzenlerini etkilemeyen, salt dış yapısıyla ilgili özelliklerdeki değişme.
foton	:	Elektro mıknatıssal ışınımda, durgun kütlesi sıfır ve erkesi titreşim sıklığıyla Planck durganı çarpımına eşit olan bir nicem.
frekans	:	Titreşim sayısı.

G

Gay-Lussac Yasası	:	Belirli miktardaki sabit hacimli gazın basıncı ile sıcaklığının doğru orantılı olması.
geçiş elementleri	:	Periyodik sistemde 4. periyotta 21. elementle başlayıp 112. elementle sonlanan elementler.
genleşme	:	Sıcaklığın veya dış basınçın değişmesine bağlı olarak bir cismin boyutlarının büyümesi.
gerçek gaz	:	Moleküller arası etkileşimin olduğu ve moleküllerin birbirinden etkilendiği gazlar.
Graham Difüzyon Yasası	:	Aynı sıcaklık ve basınçta gazların difüzyon hızlarının mol kütlelerinin karekökleriyle ters orantılı olması.

H

Heisenberg Belirsizlik İlkesi	:	Maddenin temel taneciklerinin konum ve momentumları ölçüldüğünde ölçümlerdeki belirsizliğin önlenememesi ilkesi.
Hess Yasası	:	Toplam tepkimenin entalpisi, tepkimeyi oluşturan ara basamakların tepkime entalpilerinin toplamına eşit olması.
heterojen	:	Parçaları farklı olan, özellikle yapı ve işlev bakımından farklı olan bütünün özelliği.
hidrojen bağı	:	Bir molekülün kendi içinde veya farklı iki molekül arasında olmak üzere, elektron yoğunluğu azaltılmış bir hidrojen atomunun (O-H, N-H gibi), genellikle elektron yoğunluğu yüksek bir heteroatom (oksijen, azot gibi) arasında elektron ortaklaşmasına dayanan, oldukça zayıf enerjili (yaklaşık 5 Kcal/mol) bir bağ türü.
hidroliz	:	Sulu çözeltideki iyonların su ile tepkimeye girerek zayıf asit veya zayıf baz oluşturması.
homojen	:	Yapısında birbirine benzer bileşenler bulunduran.
Hund Kuralı	:	Ayrı enerji düzeyindeki orbitallere elektronların önce teker teker, sonra ikinci elektronların sırayla yerleştirilmesi.

I-İ-J

ısı enerjisi	:	Sıcaklıkları farklı iki madde arasında alınıp verilen enerji. Maddeyi oluşturan taneciklerin toplam hareket enerjisi.
iç enerji	:	Bir sistem veya maddenin içerdiği, konumundan doğan potansiyel güç dışındaki her tür enerji.
iletken	:	Isı, elektrik gibi erke (enerji) türlerini ileten ortam.
indikatör	:	Titrasyon karışımına az miktar eklendiğinde eşdeğerlik noktasında renk değiştiren madde.
iyon yarıçapı	:	İyonik bağ ile bağlı iyonların çekirdekleri arasındaki uzaklık.

iyon-dipol etkileşimleri : İyonik katının iyonları ile polar molekülün dipolleri arasında gerçekleşen etkileşimler.

iyonlaşma enerjisi : Bir atomdan bir elektronu koparmak için gerek duyulan en düşük enerji miktarı.

K

katalizör : Kimyasal tepkimenin olmasını veya hızının değişmesini molekül yapısını değiştirmeden sağlayan, katalitik etkiye yol açan madde.

kısmi basınç : Gazların bulundukları kaba tek başına uyguladıkları basıncın aynısını gaz karışımında da uygulaması.

kimyasal değişim : Maddenin yapısındaki atomların yeniden düzenlenmesiyle farklı özellikte yeni bir maddenin oluşması.

kinetik teori : Gazların davranışlarını açıklayan teori.

koligatif özellikler : Çözeltilerin çözeltide çözünmüş olan taneciklerinin (atom, molekül, iyon) buhar basıncı alçalması, donma noktası alçalması (kriyoskopi), kaynama noktası yükselmesi (ebülyoskopi) ve osmotik basınç (osmoz olayı) özellikleri.

konjuge asit-baz çifti : Aralarında bir proton fark bulunan asit-baz çifti.

kovalent yarıçap : Kovalent bağ ile bağlanmış aynı iki atomun çekirdekleri arasındaki uzaklıktan yararlanılarak hesaplanan yarıçap.

kristallendirme : Uygun bir çözücüde hazırlanan doygun çözeltiden bir bileşenin özgün şekilli katı hâle getirilmesi.

kritik basınç : Bir gazın basınç uygulanarak sıvılaştırılabileceği en yüksek basınç.

kritik sıcaklık : Bir gazın basınç uygulanarak sıvılaştırılabileceği en yüksek sıcaklıktır.

kuantum : Yükü ve kütlesi olmayan, elektromanyetik ışınları oluşturan ve bölünemeyen en küçük enerji (erke) birimi.

kuantum sayısı : Atomda elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu bölgeleri ve enerjisini belirlemek için kullanılan sayı.

kuşet : Gemi veya trende yatak.

kuvvetli asit-baz : Suda çözündüğünde %100 iyonlaştığı varsayılan asit-baz.

L

lantanitler : Birbirine çok yakın kimyasal özellikler gösteren, atom numarası 57-71 arasında olan, seyrek bulunan elementlerin genel adı.

Le Chatelier İlkesi : Dengeye ulaşmış sistem koşullarına (sıcaklık, basınç, derişim) etki edildiğinde tepkimede oluşan değişmeleri inceleyen ilke.

London kuvvetleri : İndüklenmiş dipoller arasındaki moleküller arası kuvvetler.

M

manometre : Bir düzenek içindeki gaz ve sıvıların basıncını ölçen aygıt.

metalik bağ : d bloku metallerini bir arada tutan güçlü etkileşim.

mol : Bir çözeltide bulunan atom ya da molekülün gram cinsinden miktarının, o atom ya da molekülün ağırlığına bölünmesiyle elde edilen değer.

mol kesri : Gaz karışımındaki bir gazın karışımdaki gazların mol sayısına oranı.

mol kütlesi : Maddelerin bir molünün kütlesi.

molalite : Bin gram çözücüde çözünmüş maddenin mol sayısı.

molarite : Bir litre çözeltide çözünen madde miktarının mol cinsinden ifade edildiği derişim ölçüsü.

N

net tepkime : Birden fazla basamakta yürüyen tepkimelerde toplam tepkime.

normal koşul : Sıcaklığın 0 ^{o}C, basıncın 1 atmosfer (760 mmHg) olduğu koşul.

nötr : Negatif yük sayısının, pozitif yük sayısına eşit olması.

nötralleşme tepkimesi : Bir asidin bir bazla tepkimeye girerek tuz ve su oluşturduğu tepkime.

nötron : Atomun çekirdeğinde bulunan, elektrikçe yüksüz atom altı tanecik.

O-Ö

oda koşulu : bk. standart koşul.

orbital : Elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu bölge.

ortak iyon etkisi : Bir iyonu ortak olan tuzların, birlikte olduğu durumda çözünürlüklerinin azalması.

ortam : Sistemin dış tarafında kalan bölge.

osmoz : Bir çözelti içinde çözünmüş moleküllerin geçirgen zar aracılığı ile az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçmesi.

P

parçacık : Elektron, proton, nötron gibi atomu oluşturan parçaların her biri, partikül.

Pauli İlkesi : Bir atomdaki iki elektronun aynı dört kuantum sayısına sahip olamayacağını belirten ilke.

pH : Bir çözeltinin hidrojen iyon derişiminin negatif logaritması.

pOH : Bir çözeltinin hidroksit iyon derişiminin negatif logaritması.

polar molekül : Yapısında kısmen pozitif ve kısmen negatif bölüm bulunduran molekül.

pulman : Trenin yatabilen koltukları olan vagonu

R

reaksiyon : Birbirini etkileyen maddeler arasında ortaya çıkan durum, tepkime.

S-Ş

saf madde : Fiziksel yollarla kendisinden daha basit maddelere ayrıştırılamayan element veya bileşik.

SI : Uluslararası birim sistemi.

sistem : Birbirleriyle etkileşimde bulunan bir grup nesne ya da organizma.

soy gaz : Atomlarının dış elektron halkaları tamamıyla veya geçici olarak elektrona doymuş olan helyum, neon, argon, kripton, ksenon gazları (asal gazlar).

spektrum : Prizmadan geçirilen beyaz ışığın kendisini oluşturan renklerine ayrılması sonucunda oluşan görüntü.

spin : Temel parçacıkların veya atom çekirdeğinin açısal hareketinin büyüklüğünü belirtmek için kullanılan ve yüklerin parçacık ekseni çevresinde dönmesi ile ilişkili bir nitelik (dönü).

standart koşul : Sıcaklığın 25 ^{o}C (298 K), basıncın 1 atm olduğu koşul.

T

tampon çözelti : Bir asit veya baz eklenmesiyle pH değeri çok fazla değişmeyen belirli bir pH değerindeki çözelti.

temel hâl : Atomun en düşük enerjili ve en kararlı hâli.

tepkime : bk. reaksiyon.

tepkime hızı : Birim zamanda tepkimeye giren maddelerin miktarındaki azalma, ürünlerin miktarındaki artma.

titrasyon : Bir çözeltideki maddenin derişimini ölçmek üzere renk değişimiyle veya elektriksel ölçümle tepkimenin tamamlanmasına kadar derişimi bilinen bir ölçünlü belirtecin, yavaş yavaş eklenmesi ve kullanılan ölçünlü çözeltinin hacminden yola çıkarak bilinmeyen derişimi hesaplamaya yarayan işlem veya yöntemler.

toprak alkali metaller : Elementler çizelgesinin II A kümesini oluşturan ve bileşiklerinde +2 değerlikli olan elementler.

tuz : Bir asidik proton ile alkali bileşiğin etkileşmesi sonucu protonun yerini bir metal veya metal eşdeğerinin almasıyla oluşan, tümüyle iyonik ve güçlü elektrolit özellik gösteren bileşik.

U-Ü

uyarılmış hâl : Temel hâldeki bir elektronun, dışarıdan enerji verilerek daha kararsız olan bir dış yörüngeye çıkarılması hâli.

ürün : Bir reaksiyon (tepkime) sonucu oluşan türler.

V-Y-Z

vakum : İçerisinde bulunan hava ya da gaz basıncı çok düşük değerlere indirilerek oluşturulan, negatif basınçlı boşluk.

van der Waals kuvvetleri : Bir moleküldeki protonlar ile komşu diğer molekülün elektronları arasındaki çekimden kaynaklanan, bir kovalent bağa göre çok daha zayıf (1/100'ü kadar) etkileşimler.

van der Waals yarıçapı : Soy gazların katı hâlde hesaplanan yarıçapı.

yarı geçirgen zar Kısmen geçirgen olup özellikle küçük moleküllerin veya iyonların geçişine izin veren fakat büyük moleküllerin geçişini engelleyen zar.

zayıf asit-baz Sulu çözeltisinde kısmen iyonlaşan asit ve baz türü.

KAYNAKÇA

Atkins, P. & Jones, L. (1997). *Temel Kimya Moleküller, Maddeler ve Değişimler* (1. cilt). (E. Kılıç, F. Köseoğlu, H. Yılmaz, Çev.). Ankara: Bilim Yayıncılık.

Atkins, P. & Jones, L. (1997). *Temel Kimya Moleküller, Maddeler ve Değişimler* (2. cilt). (E. Kılıç, F. Köseoğlu, H. Yılmaz, Çev.). Ankara: Bilim Yayıncılık.

Atkins, P. & Jones, L. (2013). *Genel Kimya İlkeler ve İçyüzünü Kavrama* (A. R. Türker, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Ayas, A. & Sözbilir, M. (2017). *Kimya Öğretimi: Öğretmen Eğitimcileri, Öğretmenler ve Öğretmen Adayları İçin İyi Uygulama Örnekleri.* Ankara: Pegem Akademi.

Brown, C. & Ford, M. (2014). *Standart Level Chemistry.* United Kingdom: Pearson.

Brown, T. L., Lemay, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J., Woodward, P. M., Stoltzfus, M. W. & Lufaso, M. W. (2017). *Chemistry: The Central Science.* UK: Pearson.

Chang, R. & Goldsby, K. A. (2014). *Genel Kimya.* (R. İnam, S. Aksoy, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Chang, R. & Goldsby, K. A. (2016). *Genel Kimya.* (R. İnam, S. Aksoy, T. Uyar, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Chang, R. (2006). *Kimya* (B. A. Soydan, Z. A. Aroğuz. Çev.). İstanbul: Beta.

Dorin, H., Demmin, P. E. & Gobel, D. L. (1989). *Prentice Hall Chemistry: the Study of Matter.* New Jersey: Prentice Hall

Gammon, S.D. & Ebbing, D.D. (2009). *General Chemistry.* Newyork: Houghtonmıfflın Company Boston.

Herron, D. J., Kukla, A. D., Schrader, L. C., Erickson, L. S. &DiSpezio, A. M. (1987). *HeathChemistry.* Toronto: Ontario.

McMurry, J. E., Fay, R.C. & Robinson, J. K. (2020). *Kimya* (1. cilt). (C. Uyanık, Çev.). İstanbul: Literatür Yayıncılık.

McMurry, J. E., Fay, R. C. & Robinson, J. K. (2020). *Kimya* (2. cilt). (C. Uyanık, Çev.). İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Mortimer, C. E. (1993). *Modern Üniversite Kimyası (*1. cilt). (T. Altınata, Çev.). İstanbul: Çağlayan Kitabevi.

Neuss, G. (2014). *Chemistry Oxford IB Diploma*. United Kingdom: Oxford University Press.

Newmark, A. (2011). *Kimyanın Öyküsü.* (P. Arpaçay, Çev.). Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.

Open Stax CNX. (2015). *Chemistry Open Stax College.* Rice University.

Owen, S., Ahmed, C., Martin, C. & Woodward, R. (2014). *Chemistryforthe IB Diploma*. United Kingdom: Cambridge University Press.

Petrucci, R. H., Harwood, W. S. & Herring, F. G. (2010). *Genel Kimya 2002* (T. Uyar, S. Aksoy, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Petrucci, R. H.,Herring, F. G., Madura, J. D, Bissonnette, C. (2015). *Genel Kimya İlkeler ve Modern Uygulamalar* (1. cilt). (T. Uyar, S. Aksoy, R. İnam, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Petrucci, R. H.,Herring, F. G., Madura, J. D., Bissonnette, C. (2015). *Genel Kimya İlkeler ve Modern Uygulamalar* (2. cilt). (T. Uyar, S. Aksoy, R. İnam, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Puffelon. T. (2019). *IB Academy Study Guide: Chemistry (HL).* Netherlands: IB Academy 2019

Sergey, B., Murphy, B. & Juniper, A. (2018). *Chemistry IB Diploma Programme.* United Kingdom: Oxford University Press.

Shriver, D. F. & Atkins, P. W. (1999). *Anorganik Kimya.* (S. Özkar, Çev.). Ankara: Bilim Yayıncılık.

Snyder, C. H. (1995). *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things.* New York: John Wiley & Sons Inc.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı (2018). *Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı.* Ankara

Toon, E. R. & Ellis, G. L. (1986). *Foundations Of Chemistry.* İstanbul: Taş Yayıncılık.

Tro, N. J. (2016). *Genel Kimya Moleküler Bir Yaklaşımla Kimyanın İlkeleri* (E. Köksal, A. Denizli, Çev.). Ankara: Nobel Yayıncılık.

Whıtten, K. W., Davis, R. E., Peck, M. L. & Stanley, G. G. (2014). *Kimya* (1. cilt) (M. Tüfekçi, S. Karaböcek, S. Karslıoğlu, A. Demirbaş, Çev.). Nobel Yayıncılık (Cengage Learning).

Whıtten, K. W.,Davis, R. E., Peck, M. L. & Stanley, G. G. (2014). *Kimya* (2. cilt) (M. Tüfekçi, S. Karaböcek, S. Karslıoğlu, A. Demirbaş, Çev.). Nobel Yayıncılık (Cengage Learning).

(Kaynakça APA yazım sistemi 6. sürüme göre hazırlanmıştır.)

Görsel, genel ağ ve elektronik içerik kaynakçasına
ulaşmak için karekodu okutunuz

DİZİN